

UCH-FC
B. Ambiental
0 988a
C.1



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE PREGRADO

Aportes conceptuales interdisciplinarios para el diseño ecológico de parques urbanos en el área metropolitana de Santiago, que permitan incrementar su sustentabilidad y disminuir los costos de mantención

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en Medio Ambiente.

Juan David Oyarce González

Prof. Francisco de la Barrera M.

Director del Seminario de Título

Prof. Ítalo Serey E.

Co-Director del Seminario de Título

Junio de 2015
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, que el Seminario de Título presentado por el candidato:

JUAN DAVID OYARCE GONZÁLEZ

“Aportes conceptuales interdisciplinarios para el diseño ecológico de parques urbanos en el área metropolitana de Santiago, que permitan incrementar su sustentabilidad y disminuir los costos de mantención”.

Ha sido aprobado por la Comisión evaluadora y revisora, como requisito parcial, para optar al título profesional de Bióloga con Mención en Medio Ambiente.

Dr. Francisco de la Barrera Melgarejo
Director Seminario de Título

Firma manuscrita en azul del Dr. Francisco de la Barrera Melgarejo, sobre una línea horizontal.

Dr. Ítalo Serey Estay
Co-Director Seminario de Título

Firma manuscrita en azul del Dr. Ítalo Serey Estay, sobre una línea horizontal.

Comisión Revisora y Evaluadora

Magíster © Dr. Alexis Vásquez Fuentes
Presidente Comisión

Firma manuscrita en azul del Magíster Alexis Vásquez Fuentes, sobre una línea horizontal.

PhD Sonia Reyes Paecke
Evaluadora

Firma manuscrita en azul de la PhD Sonia Reyes Paecke, sobre una línea horizontal.

Santiago de Chile, julio de 2015

1. 2. 3. 4. 5.

6. 7. 8. 9. 10.

11.
12.
13.

14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.

21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30.

31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50.

51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70.

71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80.

81. 82. 83. 84. 85.

86. 87. 88. 89. 90.

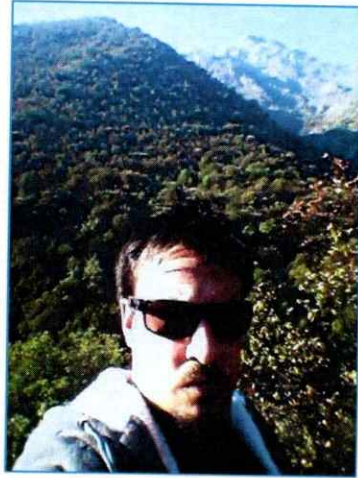
91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

101.

BIOGRAFÍA

Mi biografía se puede sintetizar, en la siguiente historia:

Un arroyo, desde su nacimiento en las lejanas montañas, después de atravesar todo tipo de paisajes, alcanzó por fin las arenas del desierto. Igual que había cruzado todas las demás barreras, el arroyo trató también de cruzar esta, pero se encontró que en cuanto se adentraba en la arena, sus aguas desaparecían. Sin embargo, estaba convencido de que su destino era cruzar ese desierto, y de que a la vez no había manera de cruzarlo. Entonces una voz oculta, que salía del mismo desierto, le susurró: “El viento cruza el desierto, e igualmente puede hacerlo el arroyo”. El arroyo objetó que estaba arremetiendo contra la arena, pero que sólo estaba siendo absorbido; que el viento podía volar y de que gracias a esto podía atravesar el desierto.



“Arremetiendo de tu manera habitual no podrás atravesarlo. Desaparecerás o te convertirás en un cenagal. Debes dejar que el viento te lleve a tu destino.”

“¿Pero cómo puede esto suceder?”, “Dejando que el viento te absorba”.

Esta idea no era aceptable para el arroyo. Después de todo, nunca antes había sido absorbido. No quería perder su individualidad, y una vez que la hubiese perdido, ¿cómo iba a saber que podría volver a recuperarla? “El viento”, dijo la arena, “cumple esa función. Evapora el agua, la transporta a través del desierto, y después la vuelve a dejar caer. Al caer en forma de lluvia, el agua se vuelve a convertir en un río”.

“¿Cómo puedo saber que esto es verdad?”

Así es, y si no me crees, no podrás convertirte más que en un cenagal, e incluso eso te costará muchos, muchos años; e indudablemente no es lo mismo que un arroyo”.

“¿Pero, no puedo seguir siendo el mismo arroyo que soy hoy?”

“No puedes seguir así en ningún de los casos”, dijo el susurro. “Tu parte esencial es transportada y vuelve a formar un arroyo. Tú recibes el nombre que tienes, incluso hoy, porque no sabes que parte de ti es la esencial.”

En la actualidad, trato de descifrar los mecanismos de evaporación del viento, para saber cuál es mi rol (también considero la posibilidad de que toda intromisión es una perturbación) en ese proceso y de qué manera puedo contribuir a atravesar el desierto, mientras tanto contemplo, con dolor y placer ocasional, el cenagal tras mis pies...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo y la infinita paciencia de mi profesor Francisco de la Barrera, que me ha enseñado a profundizar en el lenguaje de las ciencias y las dinámicas asociadas.

También al profesor Ítalo Serey por sus agudas observaciones que contribuyeron a mejorar este trabajo.

Al Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CONICYT/FONDAP 15110020) por brindarme la oportunidad de incluir mi proyecto de tesis en un centro de investigación especializado en desarrollo urbano sustentable

A mi familia, por todo el apoyo y paciencia brindada durante este extenuante proceso de formación profesional.

A Claudia por su inmenso cariño, amor, paciencia y muy sabias palabras en los momentos más difíciles.

A Carlos por su valioso aporte para aconsejarme y aterrizar este proyecto a fines más pragmáticos.

“Generalmente, el goce de la vida debe provenir de un criterio que considere al universo como un parque y a los ríos y lagos como un estanque, de manera que todos los seres puedan vivir según su naturaleza, y grande en verdad es tal felicidad”.

(Cheng Panch'iao – 1750 ~ En: La importancia de vivir- Lin Yutang- 1940)

“.. No sé qué vamos a hacer ahora. Estamos construyendo casas cuadradas, todas en hileras, y tenemos calles rectas, sin árboles. No hay ya calles retorcidas, ni casas viejas, ni pozos en los jardines, y suele ser una caricatura el escaso jardín particular que hay en una ciudad. **Hemos podido separar a la naturaleza de nuestras vidas.... El espíritu de la naturaleza ha dejado al moderno hombre civilizado, y parece que tratamos de civilizar a los mismos árboles.** Sí alguna vez nos acordamos de plantarlos en una avenida, solemos numerarlos en serie, desinfectarlos, cortarlos y podarlos para que asuman unas formas que los humanos consideren hermosas. A menudo plantamos flores y las tendemos en un cantero de manera que parezcan un círculo o una estrella, o diferentes letras del alfabeto, y nos horroriza que alguna de las flores así plantadas se salga de la línea y entonces procedemos a cortarla con una tijera.... Si un árbol de un par crece más alto que el otro, nos pican las manos hasta que le cortamos la cima para que no perturbe nuestro sentido de la simetría, el poder y la gloria humanos.

Existe, por consiguiente, **el gran problema de recobrar la naturaleza y de traerla de nuevo al hogar.** Es un problema exasperante. ¿Qué puede hacer uno, con el más artístico de los temperamentos, cuando vive en un departamento, lejos de la tierra? ¿Cómo va a tener uno algo de césped o un pozo o un bosquecillo de bambúes, aunque sea suficientemente rico como para alquilar un departamento con terraza? Todo está mal, absoluta e irreparablemente mal.

(Extractos capítulo 10: El goce la naturaleza, en “La importancia de vivir” de Lin Yutang- 1940)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | 9 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 11 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 16 |
| RESUMEN..... | 21 |
| ABSTRACT..... | 22 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 23 |
| 1.1 Sustentabilidad Urbana..... | 23 |
| 1.2 Vegetación, áreas verdes y parques urbanos..... | 25 |
| 1.3 Historia de los parques urbanos y su transición hacia parques sustentables..... | 28 |
| 1.4 Aportes de la ecología urbana para el diseño ecológico de parques urbanos sustentables..... | 30 |
| 1.5 Tipos de parques urbanos sustentables..... | 33 |
| 1.6 Situación actual de las áreas verdes en el Área Metropolitana de Santiago y su institucionalidad..... | 38 |
| 1.7 Programa de Parques Urbanos (PPU) y problemática del mantenimiento de los parques urbanos..... | 42 |
| 1.8 Objetivos y planteamiento de hipótesis..... | 48 |
| 2 METODOLOGÍA..... | 50 |
| 2.1 Marco lógico general de la investigación..... | 50 |
| 2.2 Selección de parques urbanos..... | 52 |
| 2.3 Recopilación de datos..... | 56 |
| 2.4 Análisis de los costos de mantenimiento de los parques del PPU en Santiago..... | 59 |
| 2.5 Revisión bibliográfica sobre herramientas conceptuales de ecología para disminuir costos de mantención de parques urbanos..... | 68 |
| 2.6 Análisis de estudios de caso internacionales de parques urbanos sustentables..... | 69 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.7 | Elaboración de índice de sustentabilidad de parques urbanos | 73 |
| 2.7.1 | <i>Casos de estudio</i> | 77 |
| 2.8 | Simulación de costos de mantención a través de un modelo econométrico | 79 |
| 3 | RESULTADOS | 83 |
| 3.1 | Análisis de los costos de mantenimiento de los parques | 83 |
| 3.2 | Herramientas conceptuales de ecología para el diseño de parques urbanos sustentables (PUS)..... | 151 |
| 3.3 | Análisis de estudios de caso internacionales de parques urbanos sustentables ... | 174 |
| 3.4 | Índice de sustentabilidad de parques urbanos..... | 188 |
| 3.5 | Modelo econométrico lineal de simulación de costos de mantención PUT y PUS
195 | |
| 4 | DISCUSIÓN..... | 215 |
| 4.1 | Alcances y limitaciones metodológicas | 215 |
| 4.2 | Sobre los resultados | 220 |
| 4.3 | Proyecciones de consultoría, líneas de investigación y publicaciones | 265 |
| 5 | CONCLUSIONES..... | 267 |
| 6 | REFERENCIAS | 270 |
| 7 | ANEXOS..... | 286 |
| 7.1 | Anexos Metodología..... | 286 |
| 7.2 | Anexos Resultados..... | 289 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Principales servicios ecosistémicos, rol de los usuarios y escalas espacios temporales de acción brindados por los parques urbanos..... | 28 |
| Tabla 2. Sistema de clasificación de los distintos modelos de parques urbanos sustentables de acuerdo a los objetivos y su rol ecológico | 35 |
| Tabla 3. Análisis de los componentes de un parque urbano, los servicios ecosistémicos que provee, las restricciones del ambiente urbano y sus efectos en un parque..... | 47 |
| Tabla 4. Parques del PPU seleccionados para los análisis de los costos de mantención..... | 52 |
| Tabla 5. Metodologías y referencias de las variables de caracterización socioeconómica y ecológica del PPU..... | 58 |
| Tabla 6. Desglose de las variables, relevancia y escala de puntuación que componen el indicador del grado de paisajismo tradicional en parques urbanos | 64 |
| Tabla 7. Parques urbanos sustentables internacionales analizados y las referencias de los datos..... | 69 |
| Tabla 8. Escalas de sustentabilidad, valores y significado, con un ejemplo de consumo hídrico arbóreo diario. | 76 |
| Tabla 9. Cuadro de síntesis parques urbanos utilizados en el índice de sustentabilidad | 78 |
| Tabla 10. Ecuaciones del modelo econométrico lineal por ítem de mantención simulado.. | 81 |
| Tabla 11. Resumen de las principales labores de mantenimiento efectuadas en los parques urbanos de Santiago..... | 84 |
| Tabla 12. Resumen de las principales variables que caracterizan la flora de los parques urbanos. | 89 |
| Tabla 13. Síntesis de variables de mantención y ecológicas de las especies de árboles nativos del PPU | 92 |
| Tabla 14. Comparación entre especies vulnerables endémicas y especies exóticas de requerimientos de mantención similares del PPU | 93 |
| Tabla 15. Resumen de las principales variables de mantención y adecuación biológica de las especies arbóreas del PPU | 96 |
| Tabla 16. Resumen de las características arquitectónicas principales de los parques del PPU | 98 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 17. Resumen de los costos de mantenimiento, superficie de mantención y promedio de costos de mantenimiento unitarios para los parques del PPU en A.M.S. | 99 |
| Tabla 18. Pertenencia y clasificación de los conglomerados de los parques del PPU | 101 |
| Tabla 19. Distancias entre los centros de los conglomerados finales..... | 102 |
| Tabla 20. Resumen de los centros finales de los conglomerados..... | 103 |
| Tabla 21. Resumen del análisis de componentes principales para las variables ecológicas y de diseño vegetal de los parques del PPU. | 104 |
| Tabla 22. Estructura de costos detallada de las labores de mantenimiento y sus respectivos porcentajes que integran el mantenimiento general y vegetal al año 2012 | 106 |
| Tabla 23. Desglose detallado de los costos de mantenimiento de las principales labores de mantención general y vegetal | 108 |
| Tabla 24. Síntesis de correlaciones para variables generales asociadas a la mantención. . | 114 |
| Tabla 25. Síntesis de correlaciones para variables vegetales asociadas a la mantención... | 117 |
| Tabla 26. Correlaciones para variables de suelo y fuente de riego. | 119 |
| Tabla 27. Síntesis de correlaciones para variables arquitectónicas | 122 |
| Tabla 28. Síntesis de correlaciones de Pearson para variables ecológicas..... | 126 |
| Tabla 29. Correlaciones de Spearman para adecuación biológica de las especies arbóreas y requerimientos hídricos asociadas a los costos de mantención. | 130 |
| Tabla 30. Síntesis de las principales correlaciones significativas o considerables de los costos de mantenimiento | 133 |
| Tabla 31. Síntesis de los resultados MRLM de las principales variables asociadas a los costos de mantención..... | 137 |
| Tabla 32. Síntesis de los resultados MRLM de las principales variables de diseño paisajista tradicional y sustentable asociadas a los costos de mantención | 139 |
| Tabla 33. Costos de mantenimiento promedio comparativas según empresa | 142 |
| Tabla 34. Método de costo unitario empleado para el cálculo de la labor de mantención de césped del parque André Jarlan. | 145 |
| Tabla 35. Valores ofertados para la labor mantención de césped en la licitación del parque André Jarlán 2012..... | 146 |
| Tabla 36. Resumen de los métodos para estimar los costos de mantenimiento y la diferencia entre los valores de los costos asignados | 147 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 37. Comparación entre la gestión de mantenimiento Parque Fluvial Renato Poblete 2014 (MINVU) y el promedio de los parques del PPU al año 2012..... | 150 |
| Tabla 38. Síntesis de los mecanismos de sucesión ecológica en ambientes urbanos | 158 |
| Tabla 39. Ejemplo de aplicación del modelo de Grime para la selección de especies vegetales en parques y áreas verdes | 164 |
| Tabla 40. Especies vegetales propuestas para las formaciones vegetales de los biotopos del PUS..... | 167 |
| Tabla 41. Costos de inversión y mantenimiento de 3 tipos de parques..... | 173 |
| Tabla 42. Resumen de las principales correlaciones entre variables cuantitativas (R de Pearson) y cualitativas/ cuantitativas (ρ SP: Rho de Spearman) de los PUS. | 177 |
| Tabla 43. Pertenencia y clasificación de los conglomerados | 178 |
| Tabla 44. Distancias entre los centros de los conglomerados finales..... | 179 |
| Tabla 45. Resumen de los centros finales de los conglomerados..... | 180 |
| Tabla 46. Resumen del análisis de componentes principales para las variables de diseño.181 | |
| Tabla 47. Resumen del análisis de componentes principales para las variables ecológicas y de usos sociales..... | 183 |
| Tabla 48. Resumen comparativo de las principales variables de diseño, ecológicas, sociales económicas y de gestión para los distintos tipos de PUS, PUT Y PUN | 187 |
| Tabla 49. Servicios ecosistémicos y variables de gestión financiera para distintas tipologías de parques urbanos. | 188 |
| Tabla 50. Resumen de las puntuaciones obtenidas para el índice de sustentabilidad | 189 |
| Tabla 51. Zonificaciones y superficies de los PUS simulados..... | 199 |
| Tabla 52. Síntesis de los costos de inversión y mantención de superficies alternativas al césped | 200 |
| Tabla 53. Simulación de los costos de mantención para PUT y PUS de 3 tamaños | 208 |
| Tabla 54. Simulación de los costos de mantenimiento unitarios para PUT y PUS..... | 208 |
| Tabla 55. Validación del modelo simulando un PUT de 3 diferentes superficies y comparándolos con los valores arrojados referencialmente del PPU..... | 211 |
| Tabla 56. Síntesis de los ahorros de los costos de mantención del modelo PUS aplicado a 3 superficies de parques urbanos..... | 212 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 57. Porcentajes de ahorros estimados en un PUS para cada labor de mantenimiento según el aporte del diseño urbano sustentable y la ecología, además de la actualización del formato de las planillas de costos..... | 212 |
| Tabla 59. Estimación de los costos unitarios máximos adjudicables al programa de conservación de parques urbanos del MINVU, con sus respectivas estimaciones de disminución de costos por efectos de la planificación y diseño sustentable. | |
| Tabla 61. Síntesis de los indicadores, variables, referenciales y escala del índice de sustentabilidad | 286 |
| Tabla 62 Descripción detallada de las labores de mantenimiento en PPU..... | 289 |
| Tabla 63 Matriz de datos de las variables de gestión y generales; socioeconómicas de la comuna de emplazamiento; de diseño general- arquitectónico y del componente vegetal; ecológico y económico (costos de mantención) de los parques del PPU | 292 |
| Tabla 64. Incremento de los costos promedio de mantenimiento desglosados en PUT y PUN del PPU para las licitaciones 2009-2012 | 298 |
| Tabla 65. Correlaciones principales entre variables dependientes y variables independientes, para distintos tipos de costos de mantención asociados | 300 |
| Tabla 66. Modelos de regresión lineal múltiple para los costos de mantención de las variables más relevantes | 307 |
| Tabla 67. Modelos de regresión lineal múltiple para los costos de mantención de las variables más relevantes asociadas a un tipo de diseño paisajístico..... | 309 |
| Tabla 68. Resumen de los valores del indicador de paisajismo tradicional | 311 |
| Tabla 69. Resumen de los valores ofertados por las empresas de mantenimiento para la mantención en la licitación del parque Cerros de Chena y Parque Lo Varas..... | 312 |
| Tabla 70. Resumen de los valores ofertados por las empresas de mantenimiento para las principales labores de mantención en dos licitaciones consecutivas del Parque Bernardo Leighton (2009-2011) adjudicadas por la empresa Siglo Verde | 313 |
| Tabla 71. Resumen y comparación de los costos de mantención unitarios entre el periodo 2012-2014 de los parques del PPU..... | 314 |
| Tabla 72. Comparación de los costos de mantención unitario calculados según el IPC y su variación entre el 2013-2014 para los parques del PPU..... | 315 |

Tabla 73. Matriz de datos de las principales variables generales, diseño, ecológicas, económicas, de gestión administrativa y sociales de los PUS en estudio. 316

Tabla 74. Síntesis de las principales herramientas conceptuales interdisciplinarias aplicadas al diseño de un parque urbano sustentable. 318

Tabla 75. Interpretación ecológica de las labores de mantenimiento de un parque urbano 320

Tabla 76. Comparación entre los tipos de mantenimiento estándar de un parque urbano tradicional (PUT) y ecológico de un parque urbano sustentable (PUS)..... 322

Tabla 77. Recomendaciones de sustentabilidad, disminución de costos asociada y valores empleados para la simulación del mantenimiento 324

Tabla 78. Variables del modelo, coeficientes de determinación lineal, valor de probabilidad y porcentajes de incrementos anuales (I.A.) e interlicitaciones (I.L.) 332

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Tipos de parques urbanos sustentables | 37 |
| Figura 2. Resumen metodológico conceptual y sus respectivas etapas de desarrollo..... | 51 |
| Figura 3. Mapa de los parques urbanos del PPU en Santiago | 53 |
| Figura 4. Imágenes de los parques del Programa de Parques Urbanos analizados. | 54 |
| i HYPERLINK \l "_Toc417295106" Figura 5 Esquema resumen del estudio no
mantenimiento de los parques urbanos del PPU y sus respectivas metodologías..... | 61 |
| Figura 6. Esquema de la estructura del indicador de paisajismo tradicional..... | 63 |
| Figura 7. Imágenes de los parques urbanos sustentables internacionales analizados | 70 |
| Figura 8. Resumen de la estructura del índice de sustentabilidad de parques urbanos,
ilustrando las tres dimensiones del concepto y sus respectivos indicadores | 75 |
| Figura 9. Escalas de interpretación del índice de sustentabilidad y el coeficiente de
integración de las dimensiones..... | 77 |
| Figura 10. Modelo conceptual labores de mantenimiento de un parque urbano | 85 |
| Figura 11. Gráfico de los componentes principales de las variables ecológicas y de diseño
vegetal representadas en el espacio rotado | 104 |
| Figura 12. Estructura de costos desglosada en ítems generales para el año 2012..... | 105 |
| Figura 13. Evolución histórica de los costos de mantenimiento anuales | 109 |
| Figura 14. Gráficos de dispersión de las principales correlaciones para los costos de
mantenimiento. | 115 |
| Figura 15. Gráficos de dispersión de los costos de mantenimiento correlacionados con
variables vegetales..... | 121 |
| Figura 16. Gráficos de dispersión de los costos de mantención correlacionados con
variables arquitectónicas..... | 124 |
| Figura 17. Gráficos de dispersión de los costos de mantención correlacionados con
variables ecológicas..... | 128 |
| Figura 18. Distribución del peso de los valores de las correlaciones de Pearson para 255
variables..... | 131 |
| Figura 19 Gráfico de dispersión que correlaciona los costos de mantenimiento unitario v/s
el porcentaje de paisajismo tradicional..... | 141 |

| | |
|--|-----|
| Figura 20. Síntesis de las principales herramientas conceptuales interdisciplinarias para el diseño de un PUS..... | 151 |
| Figura 21. Ciclos adaptativos para un parque urbano tradicional, sustentable y un sitio eriazo sucesional..... | 153 |
| Figura 22. Ejemplificación de los cambios de estado en parque urbano tradicional, sustentable y sitio eriazo sucesional | 154 |
| Figura 23. Modelo conceptual de la sustentabilidad de los parques urbanos desde la perspectiva del metabolismo urbano)..... | 156 |
| Figura 24. Estadios de la sucesión secundaria en ecosistemas..... | 157 |
| Figura 25. Forestación de un bosque urbano mediante el método sucesional | 159 |
| Figura 26. Estrategias adaptativas del modelo de Grime en la vegetación urbana | 163 |
| Figura 27. Formaciones vegetales propuestas para el diseño de biotopos del PUS. | 168 |
| Figura 28. Costos de mantención, intensidad de ocupación y autosustentabilidad de los sistemas naturales para tres tipos de parques..... | 171 |
| Figura 29. Evolución de los costos de mantenimiento según el diseño de parque..... | 172 |
| Figura 30. Niveles de mantenimiento para distintos tipos de espacios urbanos..... | 174 |
| Figura 31. Grafico que correlaciona el costo de mantenimiento unitario anual y el nivel de mantenimiento | 174 |
| Figura 32. Gráfico de componentes principales de las variables de diseño representadas en el espacio rotado | 182 |
| Figura 33. Gráfico de componentes principales de las variables ecológicas y de uso social representadas en el espacio rotado..... | 184 |
| Figura 34. Diagramas de araña que visualizan la puntuación de los indicadores del índice de sustentabilidad | 191 |
| Figura 35. Gráfico del índice de sustentabilidad que enfrenta el valor global del índice con el coeficiente de integración de las dimensiones de parques urbanos evaluadas. | 195 |
| Figura 36. Resumen de las recomendaciones de sustentabilidad y sus aportes a la disminución de los costos de mantenimiento en un parque urbano sustentable..... | 197 |
| Figura 37. Gráficos de simulación de los principales ítems de mantención vegetal | 203 |
| Figura 38. Gráficos de simulación de los principales ítems de mantención general..... | 206 |

| | |
|---|-----|
| Figura 39. Salidas gráficas del modelo simulando los costos de inversión y mantención anual total, y unitario (gráfico inferior), en un periodo de 15 años para los PUT y PUS de 3 tamaños diferentes | 209 |
| Figura 40. Salidas gráficas del modelo individualizadas por tamaño de parque..... | 210 |

Lista de abreviaturas

- PUT: Parque urbano tradicional
- PUN: Parque urbano natural
- PUS: Parque urbano sustentable
- PUS-ECS: Parque urbano sustentable del tipo ecológico sucesional
- PUS-EEH: Parque urbano sustentable del tipo eficiencia energética hardscape
- PUS-EEB: Parque urbano sustentable del tipo eficiencia energética de biotopos
- SSE: Sistema socio-ecológico
- SSEs: Servicios ecosistémicos
- AMS: Área Metropolitana de Santiago
- MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- MMA: Ministerio del Medio Ambiente
- CONAF: Corporación Nacional Forestal
- PMS: Parque Metropolitano de Santiago
- PPU: Programa de Parques Urbanos
- PNDU: Política nacional de desarrollo urbano
- FUC: Ley de Financiamiento Urbano Compartido (LEY N° 19.865 – MINVU)

RESUMEN

Los parques urbanos son áreas verdes de uso público que brindan servicios ecosistémicos múltiples destinados a promover el contacto con la naturaleza, regulación ambiental del clima urbano, mitigación de la contaminación, generación de hábitat para la biodiversidad urbana, educación, recreación, contemplación, entre otros. Debido a su extensión espacial, mayor a otro tipo de áreas verdes, y su carácter multifuncional los parques urbanos son considerados como elementos claves para la sustentabilidad de las ciudades. No obstante, su representación en el área Metropolitana de Santiago (AMS) resulta ser deficitaria, debido a los elevados costos de mantenimiento mensual que detentan, en comparación a otros gastos y al costo de inversión, condición que dificulta la generación de nuevos parques, ya que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en conjunto con los municipios, son las instituciones responsables de la mantención y aducen restricciones presupuestarias.

Se analizaron detalladamente los costos de mantenimiento de 15 parques urbanos del Programa de parques urbanos del MINVU, en donde se encontraron importantes correlaciones entre los elevados costos y el tipo de diseño paisajista tradicional, que abarca, principalmente, grandes superficies de césped, flora ornamental exótica poco adaptada a las condiciones edafoclimáticas del AMS, entre otros. Asimismo, se aplicó un índice de sustentabilidad para estimar la sustentabilidad de los parques urbanos del AMS, en sus dimensiones ecológica, social y económica, en contraste con parques urbanos sustentables internacionales, que fueron analizados detalladamente, como estudios de casos, para extraer criterios, recomendaciones y estándares de diseño.

Posteriormente, se identificaron herramientas conceptuales, principios ecológicos y de diseño urbano, aplicables al diseño de parques en el AMS cuya aplicación permita disminuir el mantenimiento, potenciar la provisión de servicios ecosistémicos y así, incrementar su sustentabilidad. Dichas referencias permitieron elaborar un modelo econométrico lineal, complementado con los resultados obtenidos de las correlaciones de costos de mantenimiento, que logró estimar, con un error del 15 %, los costos de mantención de un parque tradicional, contrastado con un parque sustentable. Los resultados del modelo demuestran que si se diseñaran parques sustentables, estos podrían disminuir sus costos de mantenimiento hasta en un 75 % de un parque tradicional.

Finalmente, este modelo tiene potencial para ser implementado como una herramienta de planificación sustentable de parques urbanos, que deberá ser mejorada y complementada con otras mediciones. Esta herramienta de gestión permitirá disminuir los costos de mantención de los parques del AMS (y también a nivel nacional), potenciar la provisión de servicios ecosistémicos múltiples y favorecer la generación de nuevos parques urbanos, disminuyendo el déficit de estos espacios, mejorando la calidad de vida y sustentabilidad de las ciudades.

Palabras clave: Sustentabilidad urbana, servicios ecosistémicos, áreas verdes, costos de mantenimiento, modelo econométrico lineal.

ABSTRACT

Urban parks are green areas for public use that provide multiple ecosystem services which are destined to promote contact with nature, environmental regulation of urban climate, pollution mitigation, habitat generation of urban biodiversity, education, recreation, contemplation, among others. Because of its spatial extent, higher than other green areas, and its multifunctional character, urban parks are considered as key to the sustainability of cities. However, their representation in the Metropolitan Area of Santiago (MAS) is deficient due to the high cost of maintenance, a condition that hinders the creation of new parks, as the Ministry of Housing and Urbanism (MINVU), together with the municipalities, are the institutions responsible for the maintenance and argue budget constraints.

In addition, this work analyzed in detail the maintenance cost of 15 urban parks related to the MINVU's urban parks program; in which were found significant correlations between the high costs and the type of traditional landscape design, which primarily covers large areas of lawn, exotic ornamental plants poorly adapted to the climatic conditions of the MAS, among others. Furthermore, it was applied a sustainability index in order to estimate the sustainability of the urban parks of the MAS, considering the ecological, social and economic dimension, in contrast with international sustainable (urban) parks, which were analyzed thoroughly to extract criteria, recommendations and design standards as case of study or as reference model.

Subsequently, this work identified conceptual tools, principles of ecology and urban design, applicable to the design of parks in the MAS. Whose implementation makes it possible to reduce maintenance, to improve the provision of ecosystem services and thus, to increase their sustainability. These references allowed to develop a linear econometric model, complemented with the results obtained from the correlations of maintenance costs, which managed to estimate, with an error of 15%, maintenance costs of a traditional park, contrasted with a sustainable park. The model's results show that if sustainable parks are designed, they could reduce their maintenance costs by up to 75% of a traditional park.

Finally, this model has the potential to be implemented as a tool for sustainable planning of urban parks, which will be improved and complemented with other measurements. This management tool will reduce the costs of maintenance of the parks related to MAS (and at national level), enhancing the provision of multiple ecosystem services and promoting the generation of new urban parks, reducing the deficit of these spaces, improving the quality of life and sustainability of cities.

Keywords: Urban sustainability, ecosystem services, green spaces, maintenance costs, linear econometric model.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Sustentabilidad Urbana

El 50 % de la población mundial vive en áreas urbanas, y se proyecta que al año 2050 un 75 % de la población mundial total vivirá en ellas (Montgomery, 2008), llegándose a señalar que la expansión urbana representa la principal fuente de presión y perturbaciones para el medio ambiente natural no urbano (Newman y Jennings, 2008; Seto y Shepherd, 2009; Montgomery, 2008; Grimm et al., 2008). Las áreas urbanas son sistemas complejos, en los que se articula la vida social en torno a un conjunto interrelacionado de componentes construidos y naturales en distintos grados de artificialización (Amaya, 2005; Tilly, 1974). Las ciudades establecen relaciones directas e ineludibles con los sistemas naturales que proveen de servicios y bienes a los habitantes de las urbes (Constanza et al., 1997; Bolund y Hunhammar, 1999). Los procesos intensivos de urbanización han modificado e interrumpido los servicios ecosistémicos que proveen las zonas naturales aledañas a la ciudad e insertas (o remanentes) en ella, transformando el paisaje natural y su equilibrio dinámico (Amaya, 2005; Seto y Shepherd, 2009; Grimm et al., 2008).

La sustentabilidad urbana se puede concebir como una estrategia de planificación urbana de mediano- largo plazo que regula el desarrollo y crecimiento de la ciudad (Barton, 2006) permitiendo armonizar las dinámicas internas de la ciudad en su interacción con el entorno (Newman y Jennings, 2008) , asegurando las condiciones de progreso y equidad de la población actual sin comprometer la posibilidad de desarrollo de las generaciones futuras, en un imperativo de desarrollo armónico con los sistemas naturales de los cuáles se establecen relaciones de dependencia ineludibles (Hernández, 2009; Novo, 2006; Newman y Jennings, 2008; Romero et al., 2010).

Para cumplir con lo anterior se requiere compromiso y orientación con los principios de la sustentabilidad, objetivos últimos y próximos, temporalidad y participación, de parte de los actores involucrados, especialmente los actores gubernamentales (Barton, 2006). De acuerdo a Bachmann et al. (2007), Novo (2006) y Newman y Jennings (2008), para lograr los objetivos de la sustentabilidad urbana se requieren articular, al menos, tres dimensiones:

- 1) Social-Política: formar un capital social inmerso en una ética de valoración, cooperación y cuidado por el medio ambiente (Hernández, 2009; Novo, 2006); empoderar a los ciudadanos en la toma de decisiones sobre el uso de recursos naturales (Bachmann et al, 2007).
- 2) Económica: favorecer un crecimiento económico con equidad en la distribución de recursos y compromisos y, a su vez, erradicar la pobreza por tratarse de la principal amenaza al desarrollo sustentable (Hernández, 2009; Novo, 2006).
- 3) Ecológica: usar sustentablemente los recursos naturales, conservar los ecosistemas locales y su provisión de servicios ecosistémicos (Hernández, 2009; Novo, 2006; Newman y Jennings, 2008; Grimm et al., 2008).

La planificación sustentable en áreas urbanas se plantea objetivos tales como: mínima emisión de contaminantes, eficiencia energética, autorregulación y renovación de los procesos ecológicos urbanos, resiliencia ante las perturbaciones tanto internas como externas, la flexibilidad y adaptación a los cambios y transformaciones del territorio, construcción de una cultura basada en una ética de cooperación y conservación que promueva el respeto a la diversidad de formas de vida humana y no humanas, entre otros (Hernández, 2009; Newman y Jennings, 2008; Grimm et al., 2008; Beatley, 2010).

El clima urbano difiere del clima original (previo a la urbanización o en sus actuales alrededores), pues en la ciudad existen fenómenos de islas de calor, alteración de la humedad atmosférica y patrones de ventilación, desertificación, cambios en los patrones naturales de la biodiversidad, inundaciones por aumento de las escorrentías, etc. (Amaya, 2005; Seto y Shepherd, 2009; Grimm et al., 2008; Hough, 2004). Los usos de suelo que demanda la expansión urbana fragmentan los paisajes naturales y los transforman en paisajes urbanos, disminuyendo los hábitats para especies de flora y fauna y alterando la estructura y función de las comunidades biológicas por efectos directos o indirectos de la contaminación (Romero et al., 2010; Amaya, 2005; Grimm et al., 2008).

La ecología urbana estudia, como disciplina científica, los patrones, procesos naturales y sus dinámicas al interior de la ciudad en relación con el entorno natural (Newman y Jennings, 2008; Romero y Toledo, 2000). La comprensión del funcionamiento de los procesos naturales en un contexto urbano permite generar un conocimiento que puede

servir de soporte para la toma de decisiones pudiendo generar estrategias y políticas públicas que propendan al desarrollo urbano sustentable (Newman y Jennings, 2008). La ecología urbana puede presentar dos enfoques, un enfoque abocado al estudio ecológico al interior de las ciudades y otro enfoque que intenta comprender a la ciudad como un objeto de estudio integral, desde una perspectiva ecosistémica (Grimm et al., 2000).

Inserto en este último enfoque, surge el concepto de ciudad biofílica que propone transformar las relaciones arquitectónicas clásicas de las ciudades modernas hacia una nueva estética de paisaje urbano que integre los procesos naturales, la biodiversidad urbana y los paisajes naturales locales (Beatley, 2010). Este nuevo paradigma de ciudad requiere el compromiso político del gobierno y sus habitantes, reflejado en políticas y proyectos de inversión pública destinados a conservar y restaurar la naturaleza en la ciudad, siendo la participación ciudadana y la educación ambiental elementos de gestión claves para lograr el compromiso y comprensión de la comunidad (Beatley, 2010).

1.2 Vegetación, áreas verdes y parques urbanos

La vegetación urbana corresponde a la biomasa vegetal total de la ciudad que incluye todo tipo de vegetación como jardines, parques, plazas, matorrales, pastizales, muros verdes, bosquetes urbanos, cerros islas, entre otros, tanto de propiedad pública como privada (Sukopp, 1991; Soto, 2012; Hough, 2004). La vegetación es un elemento clave de la biodiversidad urbana (Hough, 2004). Ésta cumple un rol clave en la regulación climática del medio ambiente urbano, puesto que mitiga las islas de calor, brindando sombra y consumiendo calor latente mediante la evapotranspiración, constituyéndose las zonas forestadas como islas frías (Romero et al., 2010; Falcón, 2007; Bolund y Hunhammar, 1999).

Las áreas verdes urbanas (también denominadas espacios verdes) corresponden a una superficie abierta, natural o artificial, de dominio público o privado. En éstas la vegetación puede llegar a ser predominante (MINVU, 2012). Las áreas verdes están orientadas al uso y goce colectivo, siendo protegidas por los instrumentos de planificación territorial (Falcón, 2007; Salvador, 2003). Son elementos claves para la sustentabilidad de las ciudades puesto que generan servicios ecosistémicos urbanos a nivel social, económico y ecológico

(Chiesura, 2004; Falcón, 2007; Hough, 2004; Borgström, 2003; Bolund y Hunhammar, 1999).

Los beneficios sociales se relacionan con la posibilidad de recreación, esparcimiento, desarrollo de actividades, juegos y deportes, encuentro social, mejora de la salud y valoración positiva del entorno, entre otros (James et al., 2009; Lewis, 1996; Fjortoft, 2001; Pretty et al., 2003); el impacto de los beneficios sociales se asocia con la accesibilidad e interacción directa de la comunidad con las áreas verdes (James et al., 2009; Lewis, 1996; Vélez, 2009).

Las áreas verdes y los parques regulan el clima urbano mitigando las islas de calor y generando microclimas confortables, mejoran las escorrentías de agua lluvia, controlan la erosión, absorben y remueven partículas contaminantes del aire, reducen la contaminación acústica, son fuente de recursos naturales y pueden servir de hábitat para la biodiversidad urbana, además de tener la posibilidad de interconectar el paisaje natural con el paisaje urbano (Vélez 2007; Bolund y Hunhammar, 1999; Hough, 2004).

Finalmente, desde una perspectiva económica las áreas verdes son elementos estructuradores de la trama urbana, dado que mejoran la estética del barrio e incrementan la plusvalía de las propiedades residenciales y comerciales, generando oportunidades para la localización de nuevos negocios y emprendimientos, actuando como verdaderos agentes de renovación urbana (Luther y Gruehn, 2001).

Existen diferentes tipos de áreas verdes, así como también diferentes clasificaciones basadas en su superficie, forma, uso principal, razón de su creación y localización, entre otros criterios. En particular, las áreas verdes de mayor tamaño (e.g. > 2 ha) representan parques urbanos (MINVU, 2012). Éstos brindan servicios ecosistémicos destinados al contacto con la naturaleza, educación, recreación, contemplación y al ocio de los habitantes de la ciudad, constituyendo parte del patrimonio cultural urbano y natural de la ciudad (Reyes et al. 2011). Pueden clasificarse en distintas tipologías dependiendo de su escala espacial, programa de actividades y equipamientos, grado de cobertura vegetal, diseño arquitectónico, localización en la ciudad, entre otros criterios (Falcón 2007, Salvador, 2003).

Los parques desempeñan un rol importante en la sustentabilidad de las ciudades dado su extenso tamaño (en comparación a otras áreas verdes urbanas) y a su carácter multifuncional en cuanto a los usos y variedad de servicios ecosistémicos que pueden brindar (Chiesura, 2004). Estos servicios ecosistémicos urbanos se pueden clasificar en cuatro grandes ámbitos: soporte para la biodiversidad urbana; culturales para la recreación, educación y encuentro social; de producción de alimentos en huertas urbanas; y de regulación de procesos ambientales de filtración de aire, ciclado de nutrientes e infiltración de aguas lluvias, principalmente (Bolund y Hunhammar, 1999; Borgström, 2003; Chiesura, 2004; Falcón, 2007; Hough, 2004; James et al, 2009; Salvador, 2003; Niemelä et al., 2010).

En estos servicios ecosistémicos los usuarios desempeñan un rol activo en los que se refieren a cultura y un rol más bien pasivo en cuanto a los servicios de regulación y soporte (Borgström, 2003). Las escalas espacio-temporales de los servicios ecosistémicos también varían de acuerdo a si su impacto es más bien localizado en un barrio determinado o si afecta a toda la ciudad y también de acuerdo al periodo en que se manifiesta o logra el servicio, pudiendo ser de corto o largo plazo (Borgström, 2003). La Tabla 1 detalla los principales servicios ecosistémicos provistos por los parques urbanos, el rol de los usuarios para beneficiarse de cada uno de ellos y la escala espacio- temporal en la cual pueden ser percibidos por la comunidad.

Tabla 1. Principales servicios ecosistémicos, rol de los usuarios y escalas espacios temporales de acción brindados por los parques urbanos (Fuente: Modificado de Borgström, 2003). R. = regional; G.= global; L.=local; C.=Ciudad; B.=barrios. L.P.= Largo plazo; C.P.=Corto plazo

| Tipo de servicio | Servicio Ecosistémicos | Rol de usuarios | Escala espacial | Escala temporal | |
|--|---|---|-----------------|-----------------|----------|
| Soporte | Hábitat para biodiversidad (urbana y nativa local) | Pasivo | R.G. | L. P. | |
| | Sustitución de hábitat para especies en peligro | Pasivo | R.G. | L. P. | |
| | Dispersión de semillas y polinización de especies locales | Pasivo | R.G. | L. P. | |
| Producción | Huertos y agricultura urbana provee alimentos | Activo | L.B. | C. P. | |
| | Provisión de aguas limpias desde humedales y acuíferos | Pasivo | C.R. | L. P. | |
| Regulación | Absorción de CO2 | Pasivo | R.G. | L. P. | |
| | Reducción de stress | Activo-Pasivo | L.B. | C. P. | |
| | Mejora de la salud | Activo-Pasivo | L.B. | C.-L. P. | |
| | Absorción y filtración de partículas contaminantes (especialmente árboles) | Pasivo | L.B. | C.-L. P. | |
| | Sombra, protección contra vientos y disminución del ruido | Pasivo | L.B. | C. P. | |
| | Control y mitigación de erosión del suelo e inundaciones | Pasivo | L.C. | C.-L. P. | |
| | Regulación de la temperatura y generación de microclimas (mitigación de las islas de calor urbanas) | Pasivo | L.C. | L. P. | |
| | Filtración general del aire | Pasivo | C. | L. P. | |
| | Biodiversidad con potencial de control biológico de plagas | Activo-Pasivo | R. G. | L. P. | |
| | Drenaje de aguas lluvias, retención de aguas | Pasivo | L.C. | C.-L. P. | |
| | Cíclaje de nutrientes | Pasivo | L. | L. P. | |
| | Cultural | Espacios para la recreación y actividades deportivas | Activo | L. | C. P. |
| | | Espacios para la vinculación y creación de capital social | Activo | L. | C.-L. P. |
| Valores estéticos del "paisaje natural" y contemplación del transcurso de las estaciones | | Activo-Pasivo | L. C. | C. P. | |
| Fomento de la inspiración creativa y actividades artísticas | | Activo-Pasivo | L. | C. P. | |
| Espacio para la educación ambiental | | Activo | L. | C.-L. P. | |
| Aumentar la plusvalía del entorno | | Pasivo | L. C. | C.-L. P. | |
| Contribuir al atractivo turístico | | Pasivo | L. C. | C.-L. P. | |
| Generar nuevos empleos | | Activo | L. | C. P. | |

1.3 Historia de los parques urbanos y su transición hacia parques sustentables

Los parques urbanos contribuyen a la sustentabilidad de las ciudades (Chiesura, 2004) y también a escala de sitio. Respecto a esto último, cabe revisar si los parques son sustentables en términos de: los servicios ecosistémicos que generan, su capacidad de resiliencia ante la presiones ambientales y episodios de disminución del mantenimiento, la

gestión eficiente de los residuos que generan y los recursos que necesitan para su funcionamiento (Vélez, 2009; Cranz y Boland, 2004).

Históricamente, el diseño de los parques urbanos es un legado y expresión de las tradiciones racionalistas francesas e inglesas en la relación hombre-naturaleza, puesto que inicialmente constituían jardines privados en los palacios monárquicos y de la alta aristocracia europea (Falcón, 2007). Por esto, se privilegiaban grandes extensiones de césped y diseños geométricos, árboles y flora exótica, esculturas, macizos florales, cenadores y pérgolas, senderos y formas sinuosas, fuentes ornamentales, estanques formales y pequeñas lagunas, etc. El mantenimiento de estos jardines era muy costoso y exigente en cuanto a la cantidad de labores permanentes (siembra, recorte, limpieza, etc.), por lo que eran considerados un lujo y su diseño arquitectónico paisajista reflejaba el paradigma de dominio y poder del monarca sobre la naturaleza (Hough, 2004).

Al trasladarse los jardines desde el ámbito privado al espacio público, tras las reformas y revoluciones que originaron las repúblicas y los estados modernos, estos conservaron su estética original, fenómeno que con la fundación de las nuevas ciudades limitó el potencial del patrimonio ecológico-cultural local de estas regiones. Por ende, la homogenización y la pérdida de identidad local, en la configuración y aspecto urbano, son una consecuencia negativa de las sociedades modernas industrializadas en materias de ecología y urbanismo, que se traducen en un modelo de paisaje urbano estandarizado y masificado, no adecuado biogeográficamente y que requiere una poderosa inversión en recursos energéticos y mantenimiento para conservar su estética urbana tradicional (Hough, 2004; Hitchmough y Dunnett, 2004; Ignatieva et al., 2000; Da y Song, 2008).

Originalmente el rol de los parques urbanos en la ciudad fue caracterizado como un parque promotor del esparcimiento público, recreación y estilo de vida saludable (Cranz y Boland, 2004). En el transcurso del siglo XX, en directa relación a los grandes procesos sociales y transformaciones (primera y segunda guerra mundial, auge capitalista, etc.) ocurridos en las principales ciudades occidentales, el diseño y rol de los parques urbanos fue adaptándose a las nuevas necesidades sociales; desde un tipo de parque que favoreciera la reforma social y la revitalización de la población tras la guerra (parque de la reforma), hasta

el actual sistema de espacios públicos abiertos y parques sustentables (Cranz y Boland, 2004).

Un parque urbano sustentable corresponde a un parque urbano diseñado desde los principios de la sustentabilidad, favoreciendo un diseño paisajista ecológico (Falcón, 2007; Vélez, 2007; Cranz y Boland, 2004). El parque sustentable descrito por Cranz y Boland (2004) tiene como características: la autosuficiencia de recursos, la integración al sistema urbano mayor y los nuevos modelos de expresión estética basados en el reconocimiento e integración de los procesos ecológicos urbanos al diseño del parque, estimulación de la biodiversidad local, generación de vínculos entre la comunidad mediante la educación ambiental, entre otros. Estas condiciones se incluyen en el paradigma de la ciudad biofílica (Beatley, 2010).

Estos principios imperan tanto a nivel de planificación, de diseño, de construcción y de mantenimiento en sus dimensiones físicas, ecológicas y sociales (Vélez, 2009). Esto, se traduce en ahorro energético, de recursos materiales (fertilizantes, plaguicidas, agua, etc.), de labores de mantenimiento, al integrar un diseño basado en herramientas conceptuales y criterios de ecología, en conjunto con la participación ciudadana y educación ambiental para valorar la nueva estética de estos proyectos (Cranz y Boland, 2004; Beatley, 2010; DPRNYC, 2012).

1.4 Aportes de la ecología urbana para el diseño ecológico de parques urbanos sustentables

El rol de la ecología urbana en el diseño ecológico de parques urbanos sustentables se puede remitir a una aproximación conceptual cuando se aplican elementos teóricos de la ecología del paisaje y de la ecología de ecosistemas para analizar el funcionamiento de los parques y su provisión de servicios ecosistémicos (Cadenasso y Pickett, 2008; Erden, 2012); también puede ser empleada como una técnica que incluya prácticas de manejo y restauración ecológica de la biodiversidad y espacios naturales alterados (Erden, 2012); y también se puede referir a una analogía conceptual y/o metáfora de propiedades y funciones ecosistémicas (Erden, 2012).

Existen numerosas investigaciones en ecología urbana que promueven criterios y estándares aplicables al diseño de parques y áreas verdes sobre tópicos que permiten potenciar la disminución de residuos y reciclaje, control de sedimentos, reducción de ruido y contaminación en el entorno urbano, formación de hábitat en función de la ecología del lugar, diseño y manejo sucesional de la flora, aportes al bienestar social y salud pública, conectividad y accesibilidad, educación ambiental y ética ambiental, participación ciudadana en la mantención de áreas verdes, integración y formación de capital social, entre otros, aspectos que integrados configuran lo que debería ser un parque urbano sustentable de bajos costos de mantenimiento y que fomente los servicios ecosistémicos urbanos (DPRNYC,2012; Vélez, 2009; Cranz y Boland, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005).

Los principios provenientes de las investigaciones en ecología urbana que caben resaltar en función a su potencialidad de disminuir los costos de mantenimiento de los parques urbanos son:

- 1) Diseñar un paisaje basado en la recreación de biotopos conformados por las principales asociaciones florísticas de la región (Beatley, 2010; Cranz y Boland, 2004; Hough, 2004; Löfvenhaft et al., 2002; Ignatieva et al., 2000 Lovell y Johnston, 2008).
- 2) Dar expresión a las sucesiones naturales (flora urbana espontánea) en zonas delimitadas del parque para generar hábitats para la biodiversidad urbana local (Cranz y Boland, 2004; Beatley, 2010).
- 3) Promover un parque resiliente, capaz de soportar un mantenimiento limitado y seguir provisionando servicios ecosistémicos (Hough, 2004; Whitford et al., 2001; Dell, 2009)
- 4) Aplicar un enfoque ecosistémico para caracterizar el mantenimiento de un parque urbano en función del equilibrio dinámico (Hough, 2004; Whitford et al., 2001; Dell, 2009; Lovell y Johnston, 2008)
- 5) Manejar de manera sustentable los residuos generados por las operaciones del parque y promover un uso eficiente en el consumo energético (CAS, 2012; Vélez, 2009; DPRNYC,2012; Beatley, 2010)

El diseño urbano sustentable implica desarrollar un marco lógico temporal del ciclo de vida de un proyecto considerando la planificación original y análisis de factibilidad, el diseño tradicional y participativo, la construcción, el mantenimiento y la evaluación de la gestión en base a un sistema de indicadores (Dell, 2009; Falcón, 2007) para evaluar la sustentabilidad de un proyecto en el tiempo, incorporando acciones e innovaciones que permitan acrecentar y potenciar los objetivos planteados inicialmente en el plan maestro (Marsh, 2005; Thompson y Sorvig, 2007; Benson y Roe, 2007; Lovell y Johnston, 2008; Cook y Vanderzanden, 2011).

El análisis del sitio muestra todas las variables físicas, culturales y ecológicas, que se deberán acoplar a un diseño coherente que no implique incorporar grandes modificaciones a la estructura básica del sitio del proyecto, ya que toda modificación de las condiciones originales implica un mantenimiento para sostener el nuevo sistema (Cook y Vanderzanden, 2011; Benson y Roe, 2007). Por ello las etapas de diseño y mantenimiento se encuentran estrechamente vinculadas en el diseño sustentable de un parque, por ejemplo la adecuación del componente vegetal del proyecto implica que ésta deberá ser coherente con la vegetación regional y preexistente (Beatley, 2010; McCoy, 2009; Dell, 2009; Falcón, 2007); desde esta perspectiva un parque urbano sustentable se encuentra en concordancia con las condiciones iniciales, tanto físicas, culturales (sociales) y ecológicas del sitio del proyecto (Beatley, 2010; Dell, 2009; Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007; Benson y Roe, 2007; Cook y Vanderzanden, 2011).

De acuerdo a Mcharg (1969), el diseño urbano no solamente debe satisfacer las necesidades sociales y humanas de los usuarios, sino que siempre deberá estar integrado al entorno interactuando sinérgicamente con los procesos ambientales del sitio (Marsh, 2005; Hough, 2004). Por lo que se entiende como diseño ecológico de espacios verdes, la transformación de un área verde tradicional meramente estética y recreativa, en un área verde ecológicamente funcional, es decir aquella donde se recreen de manera espontánea (según el diseño y planificación) los procesos ecológicos, tanto urbanos como naturales de la localidad, en función de proveer servicios ecosistémicos no exclusivamente de índole social recreativo (Falcón, 2007; Hough, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005).

Las áreas verdes ecológicamente funcionales pueden inclusive reemplazar (o al menos aliviar) las funciones tradicionales que ejerce la “infraestructura urbana gris” (sistemas de drenajes tradicionales, pavimentos impermeables, áreas verdes ornamentales, etc.) sobre, por ejemplo: el manejo de aguas lluvias, el manejo de contaminantes en los cursos de agua y la mitigación de las islas de calor. Esto, mediante la incorporación de innovaciones sustentables tales como: jardines de captación de aguas lluvias, techos verdes, humedales de biofiltración de aguas grises residuales, bosques urbanos sucesionales, entre otros. A estos se les denomina infraestructura verde, por estar predominantemente constituidos de elementos naturales (mayormente vegetación), aportando a la gestión de la ciudad como un ecosistema sustentable (Hough, 2004; Falcón, 2007; Beatley, 2010).

El diseño urbano sustentable no descuida el rol de los usuarios en la planificación, por el contrario promueve la integración de estos en las fases iniciales de los proyectos con una visión de participación ciudadana y educación ambiental, esenciales para la comprensión de estas nuevas estéticas ecológicas, que pueden resultar contraproducentes en comparación a las expectativas tradicionales del diseño de los parques y áreas verdes (Nassauer et al., 2009). Asimismo, se enfatizará en hacer visibles los procesos ecológicos urbanos, como el ciclo hidrológico, la formación de suelo, la creación de hábitat, que comúnmente pasan desapercibidos para el ciudadano (Beatley, 2010; Hough, 2004; Vélez, 2009), pues los parques son el espacio propicio para que la población urbana conozca la biodiversidad y paisaje local, pues no se puede conservar aquello que no se valora y no se puede valorar lo que no se conoce (Vélez, 2007; Reyes et al., 2011; Beatley, 2010).

1.5 Tipos de parques urbanos sustentables

A partir de la aplicación de paradigmas de ecología urbana (Pickett et al., 2001) se pueden deducir los siguientes enfoques o modelos para el diseño de parques urbanos sustentables:

La ciudad considerada como un ecosistema: Desde el paradigma de la ciudad biofílica emerge un modelo de parques urbanos que se encuentra integrado a la trama urbana y al sistema natural de las ciudades, mediante interconexiones de corredores biológicos en un modelo de parche-corredor-matriz de la ecología de paisajes (Beatley, 2010; Salvador, 2003). Este modelo de parques integra los procesos ecológicos urbanos, estableciendo su

vinculación mediante la provisión de servicios ecosistémicos y aplica un enfoque de ecología de ecosistemas a una escala de proyecto de parque, es decir el parque se concibe como un “*ecosistema de pequeña escala espacial*” (Cadenasso y Pickett, 2008; Dell, 2009; Vélez, 2009).

Parques diseñados en Suecia y Alemania destacan bajo este paradigma ya que promueven la recreación de sistemas naturales mediante la construcción de biotopos similares a los ecosistemas naturales nativos y la expresión de los ecosistemas naturales sucesionales (Benson y Roe, 2007; Krauel, 2008). El Anchor Park (Malmo, Suecia), fue diseñado incorporando siete biotopos representativos de los ecosistemas locales integrados al parque, eliminando las praderas artificiales de césped y aprovechando las aguas de un canal local para su riego, por lo que la vegetación del parque se automantiene con una mínima intervención humana y la comunidad local participa en limpieza de los espacios de circulación y equipamientos básicos (de una materialidad de bajo mantenimiento) mediante jornadas de limpieza comunitaria (Krauel, 2008).

Enfoque del metabolismo urbano: Lo esencial de este modelo es considerar los flujos energéticos entre la ciudad y el entorno natural, por lo tanto los parques que siguen este modelo son sustentables en la medida que minimizan sus ingresos de consumo de materia y energía (inputs como insumos, electricidad, mano de obra, etc) y maximizan la producción de servicios ambientales, minimizando los flujos de salida contaminantes (outputs) (Cadenasso y Pickett, 2008). Desde esta perspectiva destacan parques diseñados en EEUU y en España ya que priorizan la eficiencia energética, el uso de superficies duras, la gestión hídrica mediante el xeropaisajismo (paisajismo de especies de mínimo requerimiento hídrico) y el manejo de aguas lluvias (Krauel, 2008; Cranz y Boland, 2004; DPRNYC,2012). Tear drop Park es un parque emplazado en Manhattan (NYC, EEUU), en cuyo diseño se han integrado la flora nativa, la recreación artística del paisaje montañoso mediante superficies duras y rocas, la reutilización de aguas grises, para generar un parque eficiente energéticamente (DPRNYC,2012; Krauel, 2008).

Interacción sociedad-naturaleza: Este paradigma de ecología urbana promueve la participación ciudadana en las distintas etapas del ciclo de vida de un proyecto de parque, asimismo como el desarrollo de actividades y talleres de educación ambiental con el fin de

reorientar las expectativas y preferencias estéticas de los usuarios, en torno a la conservación de la biodiversidad y el manejo eficiente de los recursos naturales (Pickett et al., 2001; Forsyth y Musacchio, 2005; Beatley, 2010). Esta paradigma es transversal en los distintos modelos de parques urbanos sustentables ya que como señala Falcón (2007) un parque urbano no se puede considerar sustentable si no existe un programa y una interacción activa con sus usuarios, puestos que ellos son los que definen las necesidades sociales que este espacio proveerá. Asimismo, son destacables los modelos de gestión de parques en EEUU que promueven redes de amigos en torno al parque, que son grupos de usuarios organizados que colaboran activamente en la mantención (DPRNYC, 2012).

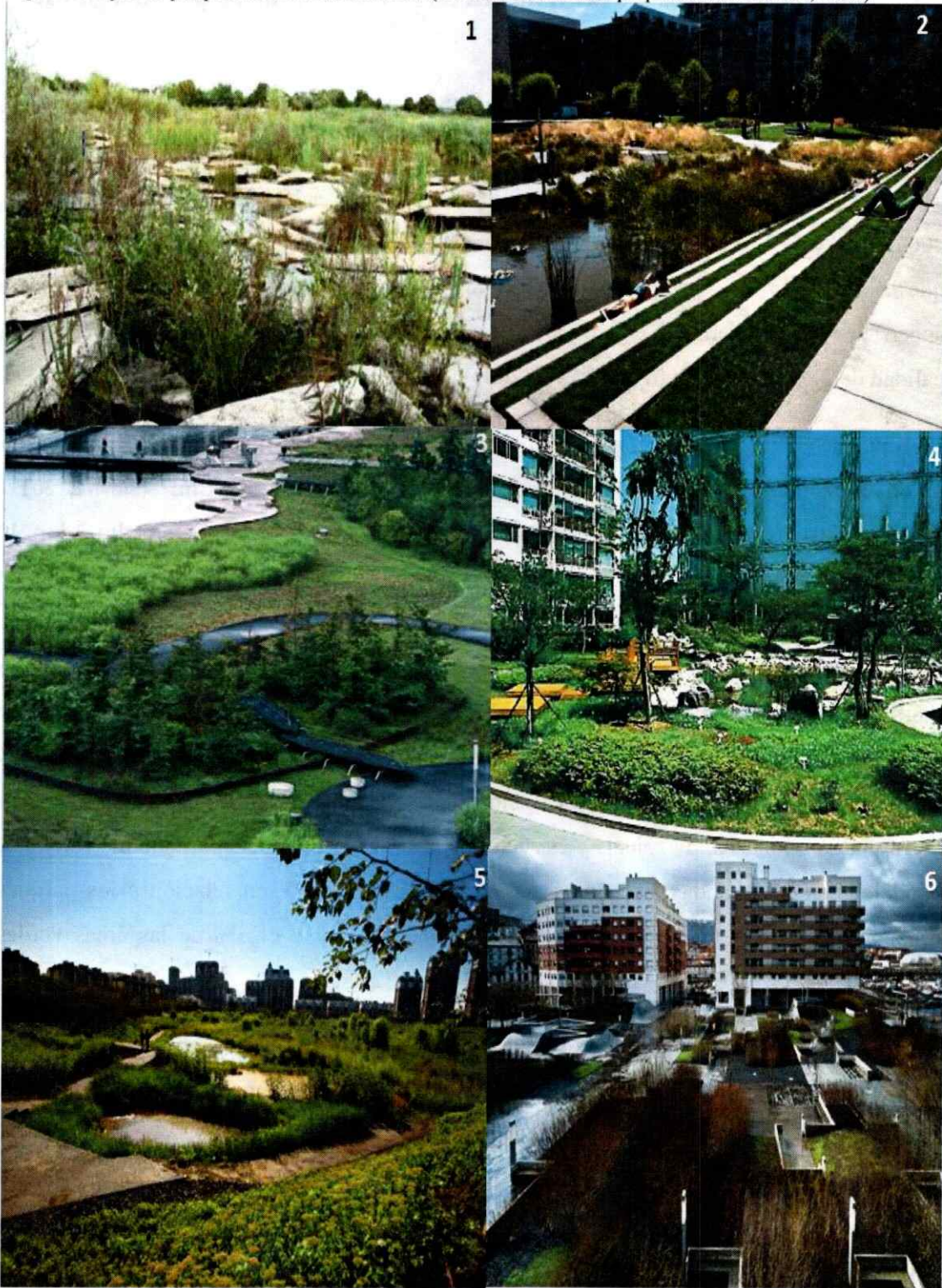
Tabla 2. Sistema de clasificación de los distintos modelos de parques urbanos sustentables de acuerdo a los objetivos y su rol ecológico (Fuente: Kendle y Forbes, 1997; Krauel, 2008; Dunnet y Hitchmough, 2004)

| Características PUS | CHINA | ESPAÑA | EEUU | ALEMANIA | SUECIA |
|---|--|---|---|---|---|
| Objetivos ecológicos | Restauración, remediación ecológica de espacios naturales en la ciudad (infraestructura verde) | Ecoeficiencia mediante el uso de superficies duras (de bajo mantenimiento, xerōpaisajismo y encuentro social | Ecoeficiencia , manejo de residuos (reciclaje), manejo de aguas lluvias y participación ciudadana | Flora urbana espontanea, Sucesión ecológica (sitio eriazo), educación ambiental | Infraestructura verde (fitodepuración de aguas grises domiciliarias); Biotopos y educación ambiental |
| Enfoques teóricos de ecología urbana | La ciudad como ecosistema – ciudad biofílica, diseño revelador de los procesos ecológicos en la ciudad | Metabolismo urbano: optimizar el consumo de recursos y minimizar los flujos de salida (ecoeficiencia) | Metabolismo urbano – interacción sociedad-naturaleza, fomento de un capital social | Ecología de las ciudades – estudiar las poblaciones y las sucesiones ecológicas en las ciudades | Interacción sociedad naturaleza – La ciudad como ecosistema |
| Tamaño | Generalmente muy grandes > 10 ha | Grandes - Medianos | Medianos - Pequeños | Generalmente muy grandes > 10 ha | Variedad de tamaños |
| Ejemplos | Parque Red Ribbon, Shanghai Houtan Park, Tianjin Qiaoyuan Wetland Park (China); Parque Ecológico Xochimilco (México); Tolhett Park (Holanda) | Alaix Txoko Park, Plaza del desierto, ,Parque central de Nou Barris (España); Sala urbana St. Gallen (Suiza); The cite dunepark (Dinamarca); Euclid Park (EEUU); Solbert tower park (Noruega) | High Lines Park, Teardrop Park(NYC-EEUU); Citroen Park (Paris-Francia) ; Tanner Spring Park (Oregon-EEUU) – Dockland Park (Australia) | Bavarian Garden Exhibition, Landschaftspark Hachinger Tal, Sudgelande Berlin Park, landschaftspark Duisburg Nord, Reconversion Maurice Rose Airfield (Alemania) | Anchor Park (Malmo, Suecia); Jardín Botánico Bordeaux (Bordeaux, Francia); Drift Park (Inglaterra); Hyunday Park Seul (Korea); Charlotte Garden (Dinamarca) |

Ecología de las ciudades: La ecología cumple un rol de restaurar y rehabilitar la naturaleza en las ciudades, conservar las sucesiones vegetales en sitios eriazos y potenciar los patrones de la biodiversidad urbana entre el arbolado y la avifauna (Cadenasso y Pickett, 2008). Destacan el modelo que se ha implementado en parques urbanos de China, en el cual se rehabilitan humedales y riberas, realizándose decenas de parques sustentables bajo esta premisa de rehabilitación ecológica (Thompson y Sorvig, 2007). Los parques urbanos alemanes Sudgelande Park y Landschaftspark Duisburg Nord, son claros ejemplos de la expresión de sucesión ecológica y flora urbana espontánea, el Parque Sudgelande se ubica a las afueras de Berlín y comprende un área de estaciones de ferrocarril abandonadas, el Landschaftspark es un parque ubicado en la región de Duisburg que se construyó sobre las bases de una antigua planta acerera abandonada del siglo XIX (Krauel, 2008; Thompson y Sorvig, 2007).

La Figura 1 ilustra tipos de parques urbanos sustentables. El Parque 1 corresponde a un ejemplo de parque sucesional alemán (Marie Rose airfeld- Berlín); El Parque 2 es un ejemplo de parque eficiente EEUU que integra un wetland de fitodepuración de aguas de lluvia (Tanner spring park-Oregón); Los parques 3 y 4 corresponden a parques urbanos que recrean biotopos en su diseño (3: Anchor Park- Suecia ; 4: Jardines Oficinas de Hyunday-Korea del sur); El parque 5 es un ejemplo de restauración ecológica en humedales urbanos en Tianjin China (Tianjin Quiaoyuan wetland park- Shangai);El Parque 6 ilustra la eficiencia energética y ahorro hídrico con especies xéricas y superficies duras (Plaza del desierto- España)

Figura 1. Tipos de parques urbanos sustentables. (Fuente: Elaboración propia en base Krauel, 2008)



1.6 Situación actual de las áreas verdes en el Área Metropolitana de Santiago y su institucionalidad

Las áreas verdes son claves para mejorar la calidad de vida y bienestar de la población de las ciudades por su capacidad de provisión de servicios ecosistémicos, siendo reconocidas como un componente clave en una ciudad que propenda a la sustentabilidad (Chiesura, 2004; MINVU, 2013). Es por ello que la Organización Mundial de la Salud ha propuesto que las ciudades con una gran densidad poblacional cuenten con un mínimo de 9 m² de superficie de área verde por habitante (de ahora en adelante m² h⁻¹) para garantizar la calidad de vida (Falcón, 2007; Salvador, 2003).

Las ciudades latinoamericanas tienen en promedio 3,4 m² h⁻¹, (Salvador, 2003). Del mismo modo, de acuerdo a cifras del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA, 2012; ATISBA, 2011), el Área Metropolitana de Santiago (AMS) tiene como promedio 3,4 m² h⁻¹, sus comunas más pobres tienen un rango promedio de 0,3 - 3,0 m² h⁻¹, mientras dos de las comunas más adineradas, Vitacura y Providencia, poseen 18,3 y 14,0 m² h⁻¹, respectivamente (MMA, 2012; ATISBA, 2011). La accesibilidad a las áreas verdes en Santiago también sigue los patrones de segregación económica, teniendo mayor accesibilidad en las comunas de mayores ingresos (Reyes y Figueroa, 2010; Romero y Vásquez, 2012). Las áreas verdes principalmente se encuentran fragmentadas en la ciudad y corresponden a plazas, plazoletas y estructuras de conectividad vial (por ejemplo rotondas, bandejones y platabandas) inferiores a 1 ha (MMA, 2012). Y en relación a los parques urbanos, estos son escasos en el AMS, dado que solamente el 3% de las áreas verdes sobrepasan las 2 ha (Reyes y Figueroa, 2010; Román, 2011).

Aquellas comunas cuyo presupuesto municipal es mayor disfrutan de una mayor cantidad de áreas verdes por habitante y poseen un arbolado urbano de mayor cobertura arbórea y diversidad de especies, a diferencia de las comunas de estratos socioeconómicos menores (Escobedo et al., 2006; Luz De la Maza et al., 2002) y, por ende gozan de una mayor calidad de vida, en comparación a los sectores más vulnerables que viven en entornos degradados ambientalmente y bajo una latente tensión urbana (Hernández, 2008; Escobedo et al., 2006; Romero y Vásquez, 2012; MMA, 2012; Reyes y Figueroa, 2010; Dascal, 1993; Fuentes, 2010). La desigualdad en la distribución, cantidad y calidad de áreas verdes en

Santiago se puede comprender desde la perspectiva de la segregación socioambiental urbana que identifica patrones diferenciados en cuanto a la cantidad de servicios ecosistémicos urbanos y el nivel de ingreso socioeconómico, por lo que a mayor ingreso socioeconómico, mejor calidad ambiental urbana (Romero y Vásquez, 2012). En el mismo enfoque se ha constatado que la biodiversidad urbana, tanto de flora como de avifauna, y la biomasa total de vegetación (detectada mediante sensoramiento remoto) también se correlacionan con los patrones de la desigualdad, encontrándose que las comunas del sector oriente de la capital poseen una mayor cantidad de biodiversidad y biomasa total promedio en comparación a las comunas más vulnerables (Hernández, 2008; Soto, 2012).

Una de las causas de esta distribución de áreas verdes es que la normativa que reglamenta la materia se halla encuentra dispersa y no existe una única norma que regule los aspectos más relevantes del problema (Reyes y Figueroa, 2010).

La Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Ley 18.695 del Ministerio del interior 2006) garantiza que a nivel local son los municipios los encargados de crear y mantener las áreas verdes de la comuna, dentro del ítem presupuestario de las funciones de aseo y ornato. Esta ley responsabiliza directamente a los municipios por las áreas verdes a nivel comunal, pero a su vez genera el principal problema de que aquellos municipios de escasos recursos, que su principal fuente de ingresos municipales proviene del Fondo Común Municipal (FCM) tienen los ítems presupuestarios restringidos y no alcanzan a satisfacer otras demandas consideradas más urgentes como vivienda, educación, salud, etc. por lo que el tema de las áreas verdes nuevamente queda relegado a un segundo plano y es considerado en estos municipios más bien un lujo que una necesidad (Ibarra, 1997; Dascal, 1994).

La Ley General de Urbanismo y Construcciones (D.F.L. N°458 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo 1975) ratifica el rol de las municipalidades en la creación y mantención de áreas verdes en sitios deteriorados en las poblaciones deterioradas o insalubres de la comuna, asimismo fija los estándares de superficie de áreas verdes en los conjuntos habitacionales, siendo mayor la superficie de suelo destinada a ellos en aquellos proyectos inmobiliarios de densidad habitacional menor y en aquellos proyectos donde la densidad habitacional es mayor la proporción de espacio de suelo destinado a áreas verdes es menor

(Zamorano, 2010; Walker et al., 2007). Este estándar promueve el déficit e inequidad en la distribución de áreas verdes, puesto que a menor cantidad de viviendas que contemple un proyecto habitacional, como en el caso de los condominios privados mayor debe ser la superficie de áreas verdes, no obstante en los proyectos de vivienda social, donde se debe aprovechar al máximo el uso de suelo y construir la mayor cantidad de viviendas, las exigencias en torno a las áreas verdes son menores, pues se privilegia la edificación (Walker et al., 2007).

La carencia de una institucionalidad coordinada que se encargue de la planificación y conservación de parques y áreas verdes, con sus respectivas normativas, ha hecho recaer esta tarea en los municipios y en la unidad Parque Metropolitano de Santiago (PMS) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), que mantiene los parques del Programa de Parques Urbanos en Santiago (PPU) (Reyes et al., 2011; León, 2001). Por consiguiente, el problema de la institucionalidad radica en la dispersión de la normativa y en la fragmentación de los actores ligados a la planificación, creación y mantención de las áreas verdes, generando, como consecuencia, visiones contradictorias sobre el rol de los parques y la sustentabilidad urbana (por ejemplo el MINVU prioriza la dimensión social, sin considerar la dimensión ecológica y económica), lo que limita la posibilidad de superar el déficit de estos espacios (Reyes et al., 2011; Román, 2011; ATISBA, 2011).

No obstante, cabe señalar que en la actualidad el MINVU está trabajando en la generación de una nueva institucionalidad que se encargue de la mantención de los parques a nivel regional, poniendo énfasis en la incorporación de la participación ciudadana a nivel de promover la valoración y el sentimiento de apropiación por parte de la comunidad, y establecer alianzas con el sector privado mediante la activación de la ley de financiamiento urbano compartido que permitirá concesionar áreas verdes y parques (MINVU, 2012).

Los gobiernos regionales (GORE) desempeñan un rol importante en la creación de nuevos parques dado que la mayor parte del financiamiento para la construcción proviene de los FNDR, al cual postulan los municipios o el MINVU siguiendo todos los mecanismos de inversiones públicas, pero siendo requisito primordial para la aprobación y construcción del proyecto que se disponga de una entidad, sea pública o privada, que se haga cargo del mantenimiento del futuro parque, situación que limita a los municipios de escasos

recursos. Por ende, de acuerdo a Fuentes (2011) actualmente el GORE está considerando la alternativa de incluir un ítem para el mantenimiento de áreas verdes en comunas de escasos recursos, al cual pueda postular mediante FNDR, asimismo con la promulgación de una política nacional de áreas verdes (Fuentes, 2010).

En un ámbito municipal el problema consiste en que los parques presentan un elevado costo de mantenimiento mensual (Hernández, 2008; MINVU, 2012; Zamorano, 2010; Fuentes, 2010; ATISBA, 2011), el cuál sobrepasa muchas veces los presupuestos municipales, especialmente en aquellos municipios de escasos recursos, limitando la posibilidad de crear y mantener nuevos parques urbanos (Ibarra, 1997; Hernández, 2008; Dascal, 1993). Generalmente, los municipios externalizan la mantención de los parques a empresas privadas paisajísticas cuyos estándares de mantenimiento se especifican en las bases técnicas de licitación y se aplican a un conjunto de áreas verdes distribuidas y fragmentadas en zonas de la comuna, es decir que los servicios no se individualizan para un parque en específico, esto promueve una diversidad en la calidad de mantenimiento de parques a nivel comunal, pues mientras mayores son los presupuestos para este ítem el nivel de operaciones y la calidad general de la mantención es mejor (Ibarra, 1997; Dascal, 1994). Además la mayor parte de los municipios carecen de las competencias técnicas y de los recursos financieros para potenciar un sistema integrado de áreas verdes (Dascal, 1993; Dascal, 1994; Fuentes, 2010).

Otra problemática consiste en que la información y los datos sobre áreas verdes e indicadores de superficie varían mucho en su calidad y actualización, dependiendo de la fuente de estudio y metodología empleado (Zamorano, 2010; Walker et al., 2007; Soto, 2012; Gámez, 2005), si bien pueden variar hasta en algunos metros de área verde por comuna, todos son enfáticos en demostrar que la mayoría de las comunas de Chile y el Gran Santiago no han superado los 9 m² de áreas verdes por habitante que recomienda la OMS, a excepción de las comunas con mayores ingresos (MMA, 2012). Por otra parte los mecanismos de planificación que determinan la creación de nuevos parques evalúan los proyectos empleando una metodología de costo – beneficio, el problema es que aún no se han logrado valorizar económicamente los beneficios sociales de las áreas verdes, lo que dificulta la evaluación del retorno económico del proyecto de parque, en general todo

proyecto de parque evaluado con herramientas de la economía clásica presentan una tasa de retorno negativa lo que condicionaría la viabilidad financiera del proyecto (Arenas y De La Luz,2005; Gámez, 2005), es por ello que se deben desarrollar y aplicar nuevas metodologías de valoración contingente, provenientes de la economía ecológica, para la valoración de los servicios ambientales que proporcionan los parques (Arenas y De La Luz, 2005), para que su planificación no solamente sea sesgada a lugares con déficit urbano patente y alta vulnerabilidad socioeconómica (Arenas y De La Luz,2005;MINDS, 2014).

El año 2013 se promulgó la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), si bien este documento aún no posee un carácter vinculante su objetivo es orientar los proyectos urbanos en una visión de urbanismo sustentable (MINVU, 2013), por lo que se reconoce que es indispensable promover la participación ciudadana en el desarrollo de espacios públicos para incrementar la valoración y apropiación de las personas a estos espacios, asimismo se deben fomentar, en el caso de los parques y áreas verdes, aquellos emplazamientos que favorezcan la biodiversidad, que hagan una gestión eficiente del recurso hídrico, mediante la selección adecuada de flora , reutilización de aguas grises y sistemas de riego eficientes; además que incorporen elementos de eficiencia energética y manejo sustentable de residuos (MINVU,2013). En paralelo el GORE está trabajando en una política de áreas verdes que sea coherente con la política nacional de desarrollo urbana y que traduzca en metas y objetivos concretos la generación de nuevas áreas verdes, cabe mencionar entre las metas esta la reducción del 20% del consumo hídrico de los parques y áreas verdes, la racionalización del césped, el fomento de la flora nativa y el uso de flora totalmente adaptada (gran rusticidad), entre otras medidas (Fuentes, 2011). Finalmente lo que nos remite a este trabajo es que uno de los objetivos de la PNDU es crear un sistema de monitoreo de variables ambientales urbanas, para generar con esta información un sistema de indicadores del cumplimiento de los objetivos ambientales de los instrumentos de Planificación Territorial (MINVU, 2013).

1.7 Programa de Parques Urbanos (PPU) y problemática del mantenimiento de los parques urbanos

El Programa de Parques Urbanos (PPU) fue impulsado por el MINVU el año 1992, cuyo principal objetivo era construir parques urbanos a nivel nacional que permitieran

acrecentar los espacios públicos en un contexto democrático, paliar el déficit de estos espacios, especialmente en los sectores de la población más desfavorecidos y contribuir a mitigar la contaminación atmosférica de Santiago (León, 2001; Segovia, 2006; MINVU, 2012). Inicialmente se construyeron siete parques en Santiago, para luego expandirse a regiones, ya al año 2003 se habían construido más de 160 ha de parques en sectores vulnerables del país (Segovia, 2006). Las inversiones para la construcción de parques no superaban el millón de dólares por proyecto, pero el mantenimiento se relegaba a los respectivos municipios, por lo que muchos parques urbanos en menos de un año de su inauguración se encontraban deteriorados por falta de recursos para el mantenimiento municipal (Segovia, 2006). Esta situación motivó que el PPU ampliará su alcance e incorporara el mantenimiento de los parques urbanos del programa, a partir del año 2002, en particular los parques urbanos de Santiago (Segovia, 2006). Actualmente, la división del MINVU “Parque Metropolitano de Santiago” (PMS), que antiguamente administraba solo dicho parque, es la unidad responsable de administrar todos los parques urbanos del PPU en la RMS, estableciendo los mecanismos para las licitaciones de la mantención y fiscalización de los parques (MINVU, 2012).

El presupuesto para la mantención de los parques del PPU se ha ido incrementando anualmente, de manera proporcional a la incorporación de nuevos parques urbanos en Santiago y al aumento de los contratos de mantenimiento, en donde el MINVU reconoce que la principal problemática son los elevados costos de mantención de los parques urbanos, en comparación a los costos de inversión (MINVU, 2012). En la actualidad el PMS administra más de 200 ha de parques, repartidas en 17 parques en la RMS (MINVU, 2012). Además se puede mencionar que como hito el año 2013 se inauguró la Red Nacional De Parques Urbanos en conjunto con la campaña gubernamental “elige vivir tu parque”, en donde se incorporaran nuevos parques regionales y de Santiago sumados los del PPU, para su futura mantención (<http://www.gob.cl/parques/>).

Uno de los objetivos de esta investigación es analizar en detalle en qué radican los elevados costos de mantenimiento de los parques urbanos del PPU en Santiago y proyectar recomendaciones interdisciplinarias de la ecología para la disminución de los costos de mantenimiento, objetivo plenamente coherente con los objetivo del PPU: “Lograr que los

parques se sustenten financieramente, en la mayor medida posible y disminuir los costos de mantención de los parques, a través de un adecuado manejo de los componentes del diseño paisajista y del diseño de sus sistemas de riego e iluminación” (León, 2001; Segovia, 2006; MINVU, 2012).

El problema del mantenimiento de los parques urbanos estriba en que estos poseen un elevado costo de mantenimiento mensual, que para el caso del Gran Santiago oscila entre \$80 y \$480 por m² de superficie de parque mantenida (Román, 2011; MMA, 2012); Entonces, considerando que por lo general el mantenimiento de los parques urbanos recae en los respectivos municipios donde se encuentran emplazados, se tiene que aquellos municipios de presupuestos restringidos no disponen de los suficientes recursos para hacerse cargo de los parques, situación que contribuye al déficit de estos espacios (Musalém et al., 2012; Dascal, 1993, 1994; ATISBA, 2011). El costo de mantención anual de un parque urbano sobrepasa, en promedio, a los 5 años los costos iniciales de inversión (MINVU, 2012), por ende una opción sería aumentar los costos de inversión inicial, lo cual no es sensato considerando una gestión eficiente del recurso fiscal, sino que más bien los esfuerzos deben ir en dirección de disminuir los costos de mantenimiento de los parques urbanos (MINVU, 2012).

Es posible desglosar los costos de mantenimiento de un parque en 6 grandes ítems: Seguridad privada tiene un gasto cercano al 27 % del gasto total, Reposición de mobiliario 16 %, mantenimiento vegetal 27%, Iluminación 9%, Aseo 12 % y Riego 9% (Pulso, 2002). Desde la perspectiva operativa temporal los principales costos de mantención se pueden desglosar en labores permanentes como riego, control fitosanitario, aseo, seguridad, etc. Que se requieren de manera constante a lo largo del año abarcando un 75% de los costos; las labores que se realizan de manera estacional como fertilizaciones, reposición de césped y pavimentos, etc., con una frecuencia de 4 veces al año dependiendo de la estación corresponden al 12% de los gastos; las labores ocasionales como mejoramiento del parque o reposición de elementos por término de vida útil corresponden al 6%, finalmente los consumos básicos operativos, en cuanto al personal, como agua, teléfono, electricidad representan un 7% de los costos de mantenimiento de un parque urbano (MINVU, 2012). En el caso de las empresas de mantenimiento que tienen a

cargo la licitación de áreas verdes los costos de mantención corresponden a un 60% de mano de obra, 15% de agua, 15% de utilidades, 5% insumos de reposición y 5% otros (Zamorano, 2010).

La descoordinación que existe entre las fases de diseño y de construcción de los parques urbanos, en donde los arquitectos proyectistas no consideran incorporar una visión sustentable del proyecto en su fase de diseño repercute en espacios públicos con un elevado costo de mantenimiento (PULSO, 2002; Fuentes, 2010; Musalém et al., 2012; Ibarra, 1997).

En un nivel operativo los elevados costos de mantenimiento de los parques se deben al diseño paisajista inglés masificado y que fue promovido por los países europeos en la colonización de las ciudades latinoamericanas, donde se privilegió una estética de orden racional que incorpora árboles exóticos, macizos florales de herbáceas, grandes extensiones de césped, conjuntos arquitectónicos ordenados y ecológicamente poco funcionales (Hough, 2004; Dell, 2009; Cranz y Boland, 2004; Thompson y Sorvig, 2007). Esta estandarización no tiene en cuenta la adaptación bioclimática de las especies, es decir, que la vegetación se considera un elemento material del proyecto (los arquitectos del paisaje emplean el concepto de material vegetal), en vez de un patrimonio de la biodiversidad local con un enorme potencial para generar un tipo de paisaje sustentable (Musalém et al., 2012; Hough, 2004). Por lo tanto para mantener un paisaje urbano estático, acorde con el diseño tradicional, se deben invertir grandes cantidades en recursos energéticos (agua para riego, fertilizantes, etc.) y mano de obra (limpieza, cortes, podas, reposición, etc.) para detener el sistema en un momento deseable, interfiriendo en la dinámica natural, por lo cual se vuelve poco sustentable y exige una gran cantidad de recursos financieros para la mantención del parque (PULSO, 2002; Dell, 2009; Hough, 2004).

Los procesos de urbanización han desplazado, degradado y minimizado la diversidad de la flora nativa local (Romero y Toledo, 2000), disminuyendo los servicios ecosistémicos que generan los espacios naturales a la ciudad (Romero y Vásquez, 2005), reemplazando por una flora exótica adecuada al diseño urbano tradicional, en donde predomina el césped y la mayoría de la especies vegetales, que se emplean en los parques urbanos de Santiago, no se

encuentran adaptadas a las condiciones climáticas de la Región Metropolitana (Zamorano, 2010; CAS, 2012; Dascal, 1993; Musalém et al., 2012), por lo que requieren una mayor cantidad de agua, nutrientes (dada la compactación y pobreza orgánica de los suelos urbanos de Santiago) y cuidados (control de plagas) para su implementación y desarrollo, factores que incrementan los costos de mantenimiento de los parques (León, 2001; Fuentes, 2010; Musalém et al., 2012; Ibarra, 1997; Zamorano, 2010). La tabla 3 resume las condiciones urbanas alteradas y su impacto en los componentes del parque y los servicios ecosistémicos que proveen.

Tabla 3. Análisis de los componentes de un parque urbano, los servicios ecosistémicos que provee, las restricciones del ambiente urbano y sus efectos en un parque. (Fuente: Elaborado a partir de Bolund y Hunhammar, 1999; Borgström, 2003; Falcón, 2007; Hough, 2004; Marsh, 2005; Thompson y Sorvig, 2007; Benson y Roe, 2007; Cook y Vanderzanden, 2011; Sukopp y Wittig, 1998; Pickett et al., 2001; Horbert, 1978)

| Dimensión | Componente | Servicios ecosistémicos | Restricciones ambiente urbano | Efectos en un parque |
|---|---|--|---|---|
| Física | Suelo | Ciclado de nutrientes | Compactación | Dificultad en la captación de nutrientes y oxígeno |
| | | | Poca cantidad de nutrientes disponibles y materia orgánica | Dificultad en el crecimiento, stress y muerte de los vegetales |
| | | Drenaje y absorción de aguas lluvias | Poca capacidad de infiltración | Poca capacidad de absorber nutrientes y agua |
| | | | PH alterado (suelos alcalinos) | Modificación del transporte de electrolitos en las raíces |
| | | | Presencia de contaminantes derivados del petróleo y metales pesados | Envenenamiento de las células vegetales |
| | Soporte vegetal y hábitats | Modificación de la textura por rellenos y escombros | Disposición de nutrientes y asentamiento radicular | |
| | | Alteración de la geomorfología y/o estructura del suelo | Readecuación de la morfología vegetal y sujeción arbórea | |
| | Agua | Provisión de agua para riego y humedad del suelo | Ciclo hidrológico interrumpido y contaminación de aguas subterráneas y superficiales | Deseccación, stress hídrico y mortandad |
| | Aire | Soporte esencial para la actividad fotosintética y respiración aeróbica | Contaminación atmosférica y material particulado | Stress vegetal por disminución de la actividad fotosintética por bloqueo de estomas por material particulado |
| | Ecológica | Comunidades vegetales (árboles, arbustos, césped, cubresuelos, etc.) y avifauna | Provisión de sombra y control de ruido | Alteración de los patrones naturales de conectividad del paisaje |
| Provisión de hábitat para la biodiversidad urbana | | | | |
| Limpieza del aire y absorción de CO ₂ | | | Fragmentación de la biodiversidad y alteración de las comunidades locales (Especies invasoras) | Pérdida de hábitat para microinsectos, micromamíferos y avifauna y stress vegetal por competición de recursos |
| Regulación de la temperatura, vientos y absorción de la radiación | | | | |
| Mobiliario e instalaciones | Recreación, actividades culturales y deportivas | Vandalismo y falta de pertenencia de los usuarios | Destrucción de mobiliario y poco cuidado de las instalaciones e higiene del parque | |
| | Mejora de la salud | | | |
| Social | Usuarios y entorno | Oportunidad de inclusión y encuentro social | Segregación socioespacial | Abandono por parte de las autoridades y sentimiento de exclusión social que repercute en la apropiación de los espacios |
| | | Embelllecimiento del entorno y aumento de la plusvalía | | |
| | Oportunidades de educación ambiental | Carencia de un capital social coherente con los objetivos del desarrollo sustentable | Desconocimiento, indiferencia y escasa valoración de la biodiversidad nativa local y de los procesos ecológicos urbanos | |

1.8 Objetivos y planteamiento de hipótesis

1.8.1 Objetivo general:

Analizar detalladamente los costos de mantenimiento de un conjunto de parques urbanos del AMS para encontrar las causas la variabilidad en valores e identificar herramientas conceptuales y principios ecológicos, y de diseño urbano sustentable, aplicables al diseño de parques urbanos que permitan disminuir sus costos operativos de mantenimiento, potenciar la provisión de servicios ecosistémicos múltiples y así, incrementar su sustentabilidad.

1.8.2 Objetivos específicos:

- 1) Determinar la estructura de costos de mantenimiento del Programa de Parques Urbanos (PPU) en Santiago, su evolución histórica y analizar su asociación con las variables de diseño (arquitectónicas y vegetales), ecológicas y socioeconómicas de los parques del PPU.
- 2) Recopilar y sintetizar información referente a herramientas conceptuales y técnicas para incrementar la sustentabilidad de los parques urbanos, y extraer estándares y recomendaciones aplicables a los parques urbanos del A.M.S. a partir del análisis estadístico de parques urbanos sustentables internacionales.
- 3) Estimar el nivel de sustentabilidad de algunos parques urbanos del AMS, mediante la aplicación de un índice multidimensional
- 4) Estimar la disminución de costos de mantenimiento de los parques urbanos en AMS, mediante un diseño sustentable que incorpore criterios ecológicos, simulando la dinámica de costos en un modelo econométrico lineal.

1.8.3 Planteamiento de hipótesis:

El diseño tradicional de los parques urbanos de Santiago promueve mayoritariamente los servicios ecosistémicos culturales, específicamente recreación, deportes y desarrollo de actividades sociales, considerando mínimamente las dimensiones ecológicas (provisión de hábitat y conservación de la biodiversidad urbana) y económicas (costos de mantención y consumo de recursos) de la sustentabilidad de los parques. Al fomentar exclusivamente la recreación y los beneficios sociales, se opta por un tipo de diseño de grandes superficies de

césped y flora ornamental exótica poco adaptada a las condiciones edafoclimáticas del AMS, por lo que se requiere de labores de mantenimiento e insumos que encarecen los costos de mantenimiento, incrementándose anualmente.

Se plantea que un parque urbano diseñado desde los principios y herramientas conceptuales de la ecología, complementado con herramientas del diseño urbano sustentable, podría disminuir considerablemente los costos de mantenimiento de los parques urbanos, en comparación a los costos actuales, y potenciar la provisión de servicios ecosistémicos múltiples. En consecuencia, bajo estos principios y herramientas se puede incrementar la sustentabilidad de los parques urbanos.

2 METODOLOGÍA

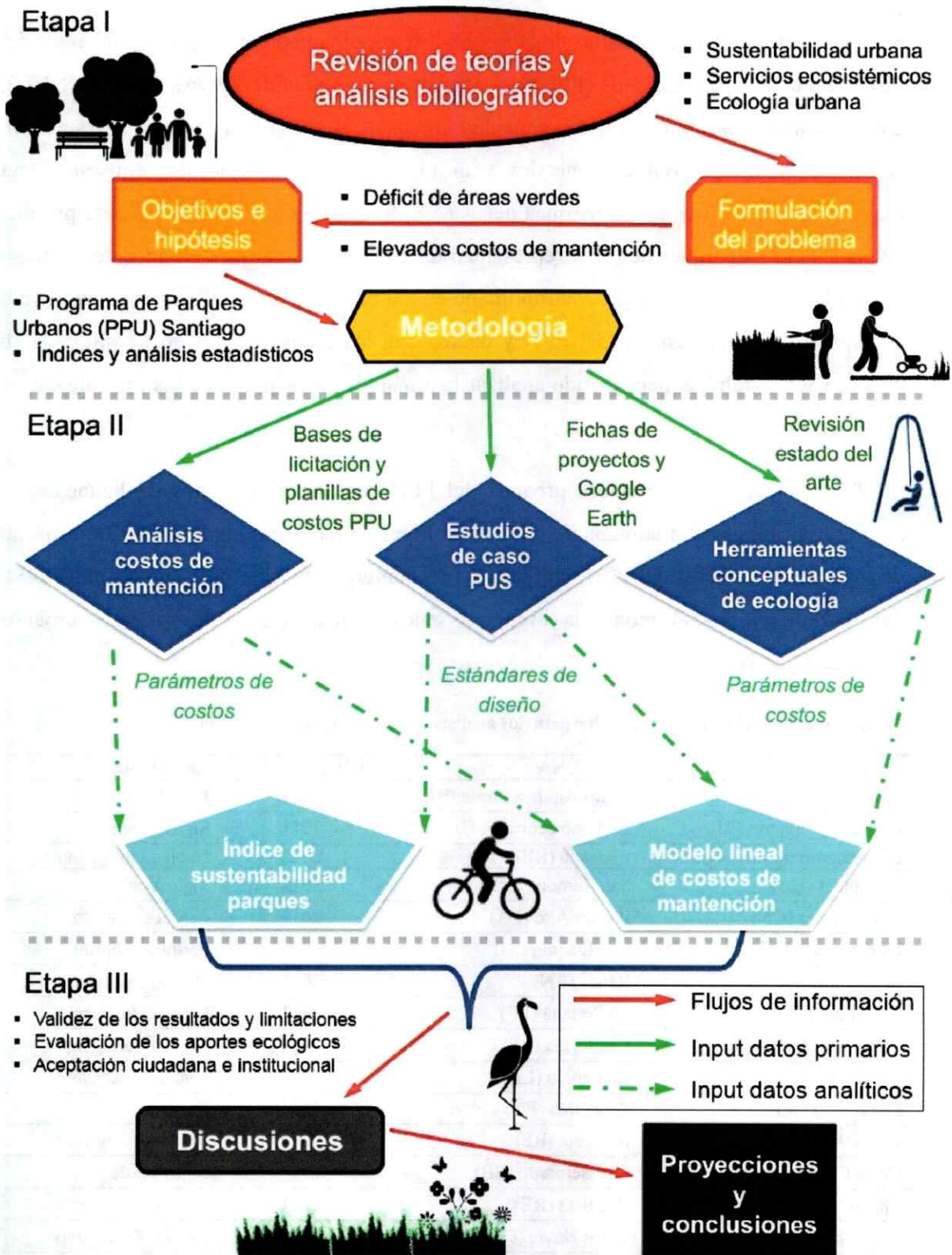
2.1 Marco lógico general de la investigación

Para investigar problemas ambientales, las ciencias ambientales tienden a recurrir a metodologías complejas (Constanza y Jorgensen, 2002; Leff, 2007) que exceden los constructos teóricos de la ciencia normal o kuhniana (Rosa y Machlis, 2002), por lo tanto no se deben confundir las investigaciones ecológicas monodisciplinarias (ecología de poblaciones, ecofisiología, etc.) con las investigaciones en ciencias ambientales (Delgado y Marín, 2005). La aproximación experimental de campo en ecología, en variadas ocasiones, se puede sintetizar como el efecto de una variable independiente sobre el tamaño y estructura de las poblaciones de organismos (Hairston, 1989), siendo las técnicas de muestreo un instrumento determinante en ecología clásica (Krebs, 1999).

Para el presente estudio, el problema a abordar es de alta complejidad y se enfoca en la comprensión de un problema ambiental urbano. Por esto se optó por utilizar un enfoque diferente al ecológico clásico y emplear una metodología no experimental del tipo *ex post facto* (Sampieri et al., 2004). Una característica esencial de la *investigación ex post facto* es que no se tiene control sobre la variable(s) independiente(s), puesto que sus manifestaciones ya han ocurrido, es decir, ha ocurrido un hecho (variable independiente) y se observan posteriormente los potenciales efectos sobre las variables dependientes (Sampieri et al., 2004). Estos estudios permiten explorar relaciones, hacer descripciones y analizar relaciones lineales o complejas para una o más variables en un momento dado o a lo largo del tiempo (Sampieri et al., 2004). La principal ventaja de este método es que nos permite observar fenómenos complejos tal y como se dan en su contexto natural, sin manipulación, para después analizarlos (Sampieri et al., 2004). No obstante, el principal inconveniente es que los resultados tienen una mayor incertidumbre al momento de afirmar las relaciones causales entre dos o más variables, a diferencia de la investigación experimental convencional (Sampieri et al., 2004).

Para evaluar la hipótesis general este trabajo de investigación se desarrolló según el siguiente marco lógico descrito en la Figura 2, a continuación.

Figura 2. Resumen marco lógico conceptual y sus respectivas etapas de desarrollo



2.2 Selección de parques urbanos

Se analizaron 15 parques urbanos de la Región Metropolitana de Santiago dependientes del Programa de Parques Urbanos (PPU) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Estos parques presentan una heterogeneidad en cuanto a sus comunas de emplazamiento, superficies totales, variables vegetales y arquitectónicas de diseño, constituyendo una muestra representativa de los parques del A.M.S. Se seleccionaron estos parques por dos razones: (1) Los parques del PPU representan un 25 % de los parques urbanos de Santiago (MINVU, 2012); (2) El Parque Metropolitano de Santiago (PMS- MINVU) es el organismo encargado de la mantención del PPU y cuenta con los mejores datos en términos de su detalle y temporalidad, permitiendo analizar la dinámica de cada uno de los tipos de costos en el tiempo.

La Tabla 4 resume los parques urbanos del PPU analizados, los años de licitación, la empresa encargada y la comuna de origen. La Figura 3 da cuenta de la ubicación espacial de los parques urbanos del PPU, emplazados en comunas, consideradas como vulnerables, del AMS. Del mismo modo, la Figura 4 muestra imágenes de los parques urbanos analizados (MINVU, 2012).

Tabla 4. Parques del PPU seleccionados para los análisis de los costos de mantención

| PARQUE | COMUNA | LICITACIÓN | EMPRESA |
|-------------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| André Jarlán (AJ) | Pedro Aguirre Cerda (PA) | 2012 | Fray Jorge |
| Bernardo Leighton (BL) | Estación central (EC) | 2011 | Siglo Verde |
| Bicentenario de Infancia (BI) | Recoleta (RE) | 2012 | Nucleo Paisajismo |
| La Bandera (LB) | San Ramón (SR) | 2012 | Siglo Verde |
| La cañamera (CÑ) | Puente Alto (PA) | 2011 | Parques Johnson |
| La castrina (LC) | San Joaquín (SJ) | 2011 | Parques Johnson |
| Lo Varas (LV) | Renca (RN) | 2012 | Nucleo Paisajismo |
| Mapuhue (MA) | La Pintana (LP) | 2011 | Parques Johnson |
| Quebrada Macúl (QM) | La Florida (LF) | 2012 | Nucleo Paisajismo |
| Violeta Parra (VP) | Lo Espejo (LE) | 2012 | Nucleo Paisajismo |
| Peñalolén (PÑ) | Peñalolén (PÑ) | 2011 | Fray Jorge |
| Cerro Blanco (CB) | Recoleta (RE) | 2011 | Nucleo Paisajismo |
| Cerro Chena (CC) | San Bernardo (SB) | 2009 | Siglo Verde |
| Mahuidahue (MH) | Recoleta (RE) | 2011 | Parques Johnson |
| Mapocho Poniente (MP) | Cerro Navia (CN) | 2011 | Nucleo Paisajismo |

Figura 3. Mapa de los parques urbanos del PPU en Santiago. (Fuente: Correa y De La Barrera, 2014)

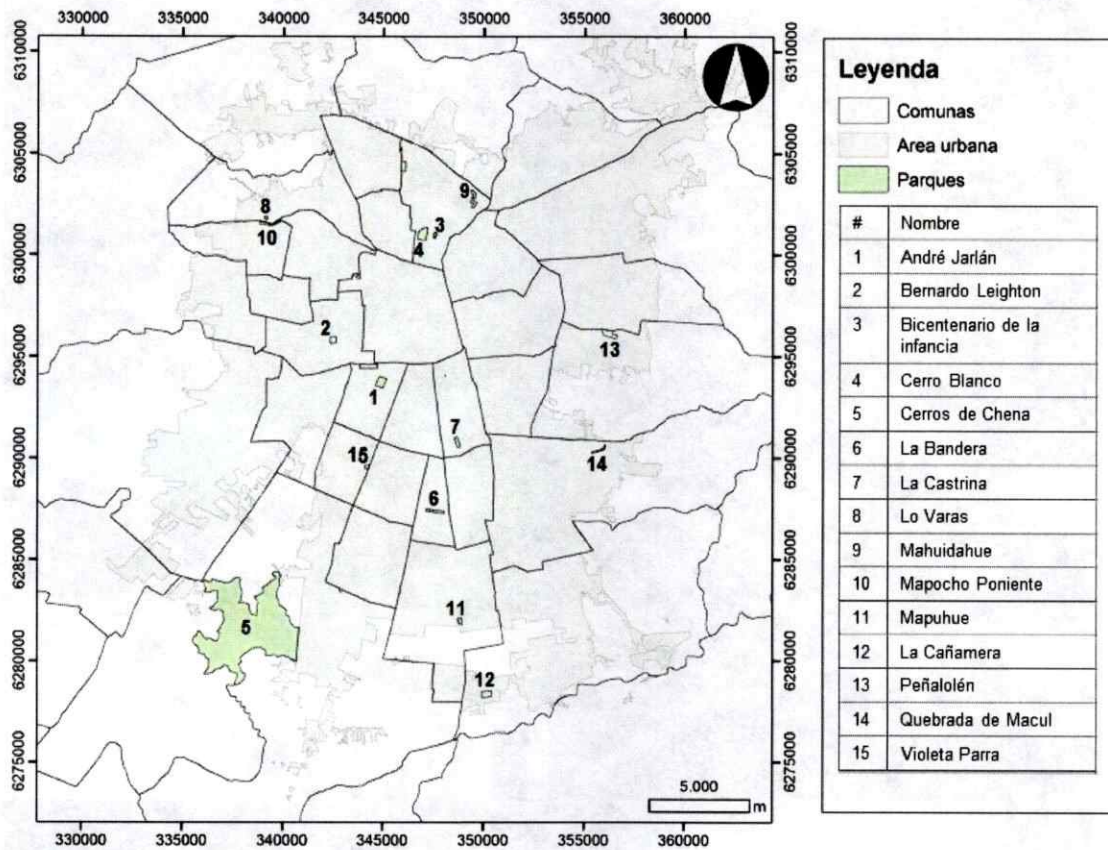
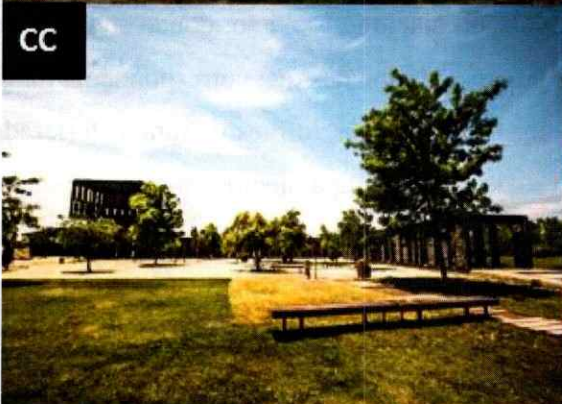


Figura 4. Imágenes de los parques urbanos del Programa de Parques Urbanos analizados.





2.3 Recopilación de datos

A través del portal www.mercadopublico.cl de la Dirección ChileCompra (Ministerio de Hacienda) se descargaron las planillas de costos de las operaciones de mantenimiento de las distintas empresas de paisajismo encargadas del mantenimiento del Programa de Parques Urbanos (PPU) del MINVU en Santiago (MINVU, 2012), el cual es administrado por el Parque Metropolitano de Santiago (PMS). La información recopilada, tratada y sintetizada corresponde a las planillas de itemizado de las labores de mantenimiento de las licitaciones vigentes al año 2012; las bases técnicas de la licitación y las planillas de itemizados, desglosan los diferentes componentes (vegetales y arquitectónicos) inventariados en unidades espaciales (superficies) y unitarias que conforman los parques urbanos, asociados con los respectivos costos de mantenimiento para cada labor.

Las planilla de itemizados de costos de mantenimiento se estructura en tres tipos de labores: (1) Las de carácter permanente, es decir aquellas que tiene que ser efectuadas en una escala diaria y semanal como el riego, mantención vegetal y del césped, labores de seguridad y aseo, entre otras. (2) Las labores estacionales que se corresponden con programas de aplicación con una periodicidad determinada por las estaciones del año, donde se incluyen la fertilización y el manejo de plagas. (3) Las labores ocasionales que corresponden a todas aquellas que se realizan de manera esporádica para reponer infraestructura deteriorada (mobiliario urbano, árboles, etc.) y revisar el estado de los equipamientos (sistema de riego, iluminación, etc.) (MINVU, 2012). Los detalles y especificaciones técnicas sobre los parámetros específicos para asegurar la calidad del mantenimiento están determinados por el PMS en las bases técnicas de licitación, material que también será analizado.

Las variables de caracterización ecológica del componente vegetal y las variables de caracterización socioeconómica utilizados para analizar las variables que explican el costo de mantención (Tabla 5) fueron obtenidas tras una revisión bibliográfica específica. Otra fuente de datos importante fue el informe “Evaluación del Programa de Parques Urbanos”, realizado por la Consultora Pulso el año 2002, a petición del MINVU (Pulso, 2002). Este documento contiene un análisis extenso del PPU, a nivel de planificación y a nivel operativo, donde se pudo extraer información sobre los parques urbanos en relación a su diseño, criterios ecológicos y urbanos, costos de mantención, demandas de los usuarios,

grados de satisfacción de los usuarios, entre otros. Este estudio permitió contrastar históricamente con los datos aportados por MINVU, (2012).

En el caso del parque Bicentenario de Vitacura, utilizado como estudio de caso en el índice de sustentabilidad, la municipalidad facilitó las bases técnicas y contratos de mantenimiento que especifican las funciones, características y costos de mantención (VITACURA, 2012).

Finalmente, los valores de las variables de diseño arquitectónico y componentes vegetales, en cuanto a zonificaciones y superficies del parque, cantidad de mobiliario y especies vegetales, se sintetizan en la Tabla 61 del anexo. Asimismo, allí se incluyen las variables generales, de caracterización socioeconómica, ecológica y el resumen de los costos de mantenimiento detallado en las planillas de itemizado de costos.

Tabla 5. Metodologías y referencias de las variables de caracterización socioeconómica y ecológica del PPU

| | VARIABLES | METODOLOGÍAS | REFERENCIAS |
|-----------------|---|--|---|
| Socioeconómicas | Tasa delictual comunal | Tasa de casos policiales por delitos de mayor connotación social (c/100 mil habs.) | ENUSC, 2012 |
| | Percepción de inseguridad comunal | Porcentaje de encuestados que se siente inseguro en el espacio público comunal | ENUSC, 2012 |
| | Percepción de inseguridad áreas verdes comunal | Porcentaje de encuestados que se siente inseguro y evita las áreas verdes comunales | ENUSC, 2012 |
| | Tasa de Pobreza comunal | Porcentaje de la población comunal cuyos ingresos no alcanzan el valor de 2 canastas de consumo básico y número de indigentes | CASEN, 2011 |
| | Índice de Prioridad Social comunal | Índice para asignar prioridad de recursos estatales basado en la vulnerabilidad | MINDS, 2014 |
| | Promedio años de escolaridad comunal | Años de estudio en el sistema formal | MINDS, 2014 |
| | Índice de vulnerabilidad social-delictual comunal | Índice que agrupa variables educativas, de equidad, desempleo, hacinamiento y pobreza en función de la tasa penal comunal | MININT, 2009 |
| | Densidad poblacional comunal | Miles de habitantes por kilómetro cuadrado | MINDS, 2014 |
| Ecológicas | Origen del suelo | Nominal cualitativa catastrada | OCUC, 2009 |
| | Fuente de riego | Nominal cualitativa catastrada | OCUC, 2009 |
| | Sistema de riego | Nominal cualitativa catastrada | OCUC, 2009 |
| | Promedio de riego diario | Cuantitativa medida en m ³ | OCUC, 2009 |
| | Adecuación biológica | Nominal cualitativa incorpora variables de requerimientos hídricos, mantención y plantación del 80 % de las especies arbóreas y arbustivas del PPU; Escala desde 1-4 siendo 1 muy adecuado y 4 no adecuado | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | % Flora caducifolia | Cuantitativa aplicada al 80 % de las especies arbóreas y arbustivas del PPU | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | % Flora perennifolia | Cuantitativa aplicada al 80 % de las especies arbóreas y arbustivas del PPU | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | Requerimiento hídrico | Nominal cualitativa confeccionado en base tablas de clasificación y aplicadas al 80 % de las especies arbóreas y arbustivas del PPU; Escala desde 1-4 siendo 1 mínimo requerimiento y 4 alto requerimiento | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | Índice de Diversidad (H) | Cuantitativa calculada en base al catastro de especies arbóreas y arbustivas empleando el índice de Shannon-Wiener | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | Índice de Equidad (E) | Cuantitativa calculada en base al catastro de especies arbóreas y arbustivas empleando el índice de Morisita-Horn | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |
| | Índice de Riqueza (S) | Cuantitativa que informa el número de especies diferentes calculada en base al catastro de especies arbóreas y arbustivas | Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014 |

2.4 Análisis de los costos de mantenimiento de los parques del PPU en Santiago

2.4.1 Análisis estadísticos descriptivos y multivariados de costos de mantenimiento

El análisis de los costos de mantenimiento y el tratamiento de la información requirió de varias etapas, que se detallan en la Figura 5.

En la primera etapa se describieron conceptualmente las labores de mantenimiento, haciendo énfasis en los estándares de calidad y la cantidad de labores asociadas a cada componente del parque. Como resultado se obtuvo un modelo conceptual que describe las interacciones entre las presiones biológicas y edafoclimáticas urbanas sobre el parque y las labores necesarias para mantener la provisión de servicios ecosistémicos. Luego se elaboraron tablas resúmenes que caracterizan los valores de las variables vegetales, arquitectónicas y ecológicas de los parques analizados, contenidas en la Tabla 61 del anexo.

Los cálculos estadísticos descriptivos generales se realizaron empleando el software IBM SPSS V.21. Este software se empleó para éste y todos los demás cálculos estadísticos. Se calcularon los promedios de costos de mantención totales y superficies de parque. Luego, para corroborar las diferencias entre las tipologías de parques urbanos tradicionales (PUT) y parques urbanos naturales (PUN), se aplicó la prueba T de Student que establece diferencias en medias.

Posterior a ello se aplicaron dos análisis multivariados para establecer si las categorías de clasificación propuestas por MINVU (2012a), eran válidas estadísticamente.

En primera instancia, se aplicó un análisis de conglomerados k-medias, detallando 4 a 5 clúster de agrupación iniciales, para corroborar si existen subcategorías dentro de los PUT, que permitan comprender mejor la dispersión y heterogeneidad de costos de mantenimiento y superficies, y las diferencias entre dichas categorías. El análisis de conglomerados k-medias se aplicó a las siguientes variables: costo de mantención unitario, porcentaje de superficie de césped, porcentaje de árboles exóticos, porcentaje de superficies de mantención intensiva, porcentaje de superficie de pavimentos, densidad de mobiliario urbano y porcentaje de infraestructura. Como salidas del análisis se obtuvieron tablas de pertenencia a los conglomerados, distancias entre los centros finales de cada variable y

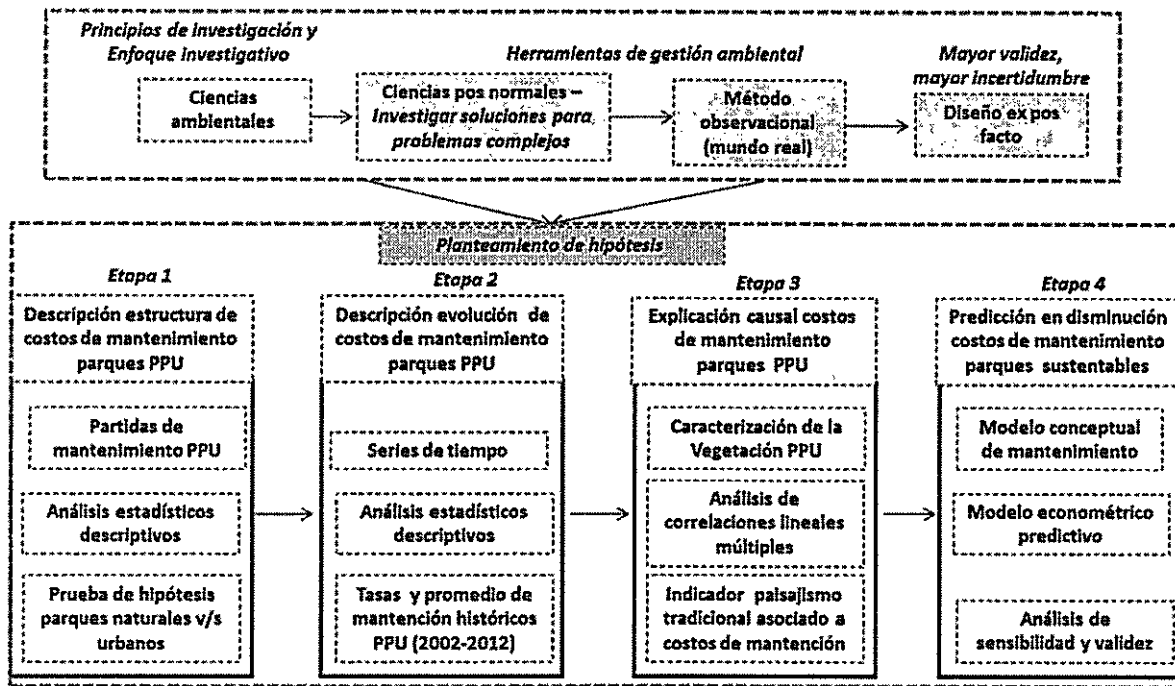
distancia total entre los conglomerados. Las pruebas de ANOVA para determinar la validez estadística de los valores de las variables tuvieron una significancia de un p valor $<0,05$.

Posteriormente, se aplicó un análisis factorial de componentes principales (PCA) a las siguientes variables del componente vegetal y de caracterización ecológica: porcentaje de flora exótica, porcentaje de árboles exóticos, porcentaje de superficie de césped, índice de equidad arbórea, porcentaje superficie de pavimentos, costos de mantenimiento unitario mensual, porcentaje de flora caducifolia, porcentaje de superficies de manejo intensivo, índice de riqueza de especies arbóreas, porcentaje de flora perennifolia, superficie total, porcentaje de superficie de pradera natural, cobertura vegetal, porcentaje de árboles y arbustos nativos y porcentaje de flora total nativa. El detalle de los valores de estas variables para cada parque se puede revisar en la Tabla 61 del anexo.

Este análisis factorial tiene como finalidad reducir el número de dimensiones de un conjunto multivariado mayor a un número de factores menor al inicial; pues mientras mayor sea la dispersión de los datos y mayor el número de variables, el número de factores, que explique la mayor cantidad de varianza, será mayor (Sampieri et al., 2004). Para poder mostrar mejor la relación entre las variables y su vinculación con las tipologías descritas, se empleó una reducción acotada a dos factores, obteniendo un gráfico de componentes principales, que muestra la solución y la distancia entre las variables, para las dos tipologías: PUT y PUN.

Los resultados de las variables y su pertenencia a cada componente se resumen en la Tabla 21. Asimismo, se presenta el valor del coeficiente Kayser-Meyer-Olkin (KMO), que da cuenta si las correlaciones parciales entre las variables de un factor son pequeñas, si el coeficiente arroja un valor sobre 0,5 (máximo 1,0) se considera aceptable el PCA, mejorando en la medida que se aproxima a 1,0. Finalmente, el test de esfericidad de Bartlett contrasta si la matriz de correlaciones es una matriz identidad, lo cual indicaría que el modelo factorial es inadecuado (Sampieri et al., 2004).

Figura 5 Esquema resumen del estudio no experimental para el análisis de costos de mantenimiento de los parques urbanos del PPU y sus respectivas metodologías de análisis



La estructura porcentual de costos se determinó mediante análisis estadísticos descriptivos de los porcentajes asignados a cada labor, promedio de gasto, etc. En relación a la evolución de los costos de mantenimiento y su dinámica entre el periodo 2002-2012 se efectuaron series de tiempo y estimación de tasas de variación de costos en base a los promedios anuales y sus desviaciones estándares.

2.4.2 Análisis correlacional entre costos de mantenimiento y variables de diseño

Las relaciones de causalidad se intentaron establecer mediante el cálculo de correlaciones parciales para las variables generales, de diseño arquitectónico, componentes vegetales, socioeconómicas y ecológicas, con sus respectivos costos de mantenimiento asociados. Utilizando el coeficiente de Pearson se correlacionaron las variables cuantitativas, en tanto, las variables cualitativas (de escala nominal) se correlacionaron mediante el *rank correlation coefficient* (ρ) de Spearman. Además, en las variables cuantitativas se incluyó el cálculo de los coeficientes de determinación lineal R^2 para establecer regresiones lineales entre las variables. Todos los cálculos incluyeron los resultados de los ANOVAS para determinar si fueron significativas las correlaciones, pero es importante señalar que debido a la complejidad de los datos y del diseño *ex pos facto* (mencionadas al inicio de la

metodología) el grado de confiabilidad se ajustó a un 80 %, es decir que se consideró como estadísticamente significativo un p-valor igual o menor a 0,2. En los resultados se incluyeron las tablas y los gráficos de dispersión de las correlaciones más importantes.

Las correlaciones parciales con mayor poder explicativo se emplearon para generar modelos de regresión lineal múltiples (MRLM), que permitieron definir de qué manera el conjunto de las variables independientes significativas afectó a las variables dependientes de costos de mantenimiento y mano de obra. Los modelos de regresión lineal múltiple debieron cumplir con el requisito de presentar un valor de R^2 ajustado (coeficiente que corrige los incrementos del coeficiente de determinación R^2 por efecto del aumento de las variables del modelo) superior a 0,5 para ser considerado explicativo de la mayor parte de la varianza de los datos. También se exigió una significancia estadística del 80 %, es decir p-valores iguales o inferiores a 0,2 para ser considerados legítimos en las pruebas de ANOVA. También, se muestran los sentidos (aporte negativo o positivo lineal) de las variables al interior de los modelos y sus niveles de significancia al interior del modelo, en caso de que no cumplan con el requisito de ser estadísticamente significativas a un p-valor de 0,2 su aporte o descarte quedará al arbitrio del investigador.

2.4.3 Indicador de diseño paisajista tradicional

Para corroborar los análisis de correlaciones parciales de causalidad y los modelos de regresión lineal múltiples, se desarrolló un indicador que en este estudio se denominó “diseño paisajista tradicional” basado en Power (2006). Este indicador del tipo estado-respuesta posee una estructura multivariada que permite comparar que tan tradicionalista o similar a parques de tipo inglés son los parques del PPU (Velez, 2009; Power, 2006; Byrne y Sipe, 2010). El indicador aglomeró variables del diseño de parques que se dividen en dos categorías: componente vegetal y componente arquitectónico. La componente vegetal incluyó variables como la cantidad de superficies de césped, la proporción de flora y árboles exóticos. La componente arquitectónica evaluó la proporción de superficies de pavimentos y circulaciones, la cantidad de mobiliario urbano y el porcentaje de infraestructura, componentes que requieren un mantenimiento considerable. La Figura 6 ilustra la estructura del indicador y la Tabla 6 muestra las variables, su relevancia y la escala empleada.

El cálculo de este indicador se generó mediante combinaciones lineales de los valores parciales de las variables para la dimensión arquitectónica y vegetal del indicador, según las escalas de valoración presentes en la Tabla 6, luego estos valores fueron ponderados por el número total de variables para obtener el valor final del indicador.

La fórmula empleada fue:

$$L = \frac{1}{nV} \sum_{i=0}^{nV} VPi$$

En donde:

Li = Indicador de diseño paisajista tradicional

nV = N° de variables según dimensión

VP = Puntaje de las variables en una escala natural de 0 a 3

La interpretación del indicador consistió en que a mayor valor del indicador en un parque, más similar es a un parque con un diseño paisajístico tradicional o de tipo inglés. Este valor se empleará para saber si existe una correlación entre el grado de diseño paisajista tradicional y los costos de mantenimiento mensual. Finalmente, para comprobar la validez de este indicador se efectuará un modelo de regresión lineal múltiple de las variables analizadas en función de los costos de mantenimiento.

Figura 6. Esquema de la estructura del indicador de paisajismo tradicional y las variables que lo componen

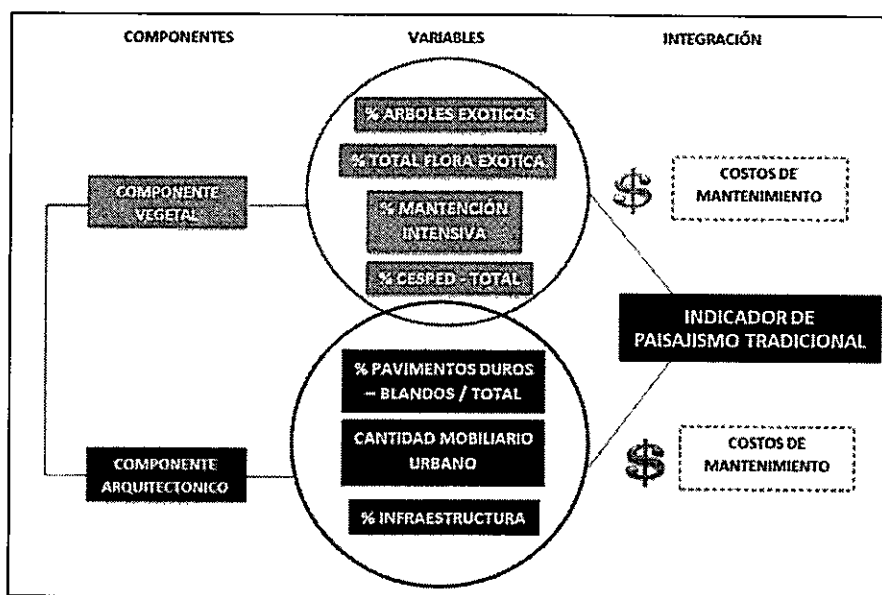


Tabla 6. Desglose de las variables, relevancia y escala de puntuación que componen el indicador del grado de paisajismo tradicional en parques urbanos

| Componente | Variables-Métrica | Relevancia | Escala indicador | | | |
|----------------------------|---|--|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Mantenimiento vegetal | Porcentaje de Flora exótica (n° total especies exóticas/ n° total de especies) *100 | La flora exótica, cuando no se encuentra adaptada, incrementa la mantención (Dell, 2009; Hough, 2004) | 0-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% |
| | Porcentaje de Césped (Superficie césped/ superficie total parque) *100 | El césped requiere muchos cuidados como riego constante, recorte, resiembra y fertilización (Ibarra, 1997; Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007) | 0-15% | 16-35% | 36-55% | 56-100% |
| | Porcentaje de Árboles exóticos (n° especies arboles exóticos/ n° total de árboles) *100 | Los arboles exóticos poco adecuados a las condiciones biogeográficas requieren mayor mantenimiento (Cook y Vanderzanden, 2011). | 0-12% | 13-26% | 27-45% | 46-100% |
| | Porcentaje mantención intensiva (Superficie mantención intensiva/ superficie total parque) *100 | La cantidad de superficie de mantención intensiva encarece bastante los costos de mantención, llámense macizos florales, césped ornamental, etc. (Cook y Vanderzanden, 2011) | 0-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% |
| Mantenimiento arquitectura | Porcentaje de pavimentos (Superficie pavimentos / superficie total parque) *100 | El manejo de pavimentos y caminos es un ítem de gasto mayor, tanto en limpieza como en reposición (Cook y Vanderzanden, 2011; Thompson y Sorvig) | 0-12% | 13-26% | 27-45% | 46-100% |
| | Densidad de mobiliario (N° Mobiliario/ Superficie parque) | A mayor cantidad de mobiliario mayores gastos por efectos del vandalismo (Ibarra, 1997; MINVU, 2012) | 0,5-3% | 3,1-6% | 6,1-9% | 9,1-14% |
| | Porcentaje de infraestructura (Superficie infraestructura / Superficie total)*100 | La infraestructura requiere un manejo especial en labores del tipo aseo y limpieza, reposición, pintura, etc. (Ibarra, 1997; MINVU, 2012) | 4- 20 unidades | 21- 30 unidades | 31- 50 unidades | 50- 160 unidades |

2.4.4 *Análisis de las ofertas de licitación de mantenimiento del PPU*

Debido a la varianza muestral inicial de los costos de mantenimiento, se recopilaron los valores promedios de costos de mantenimiento unitarios, i.e el valor del costo en pesos estandarizado por unidad de superficie o cantidad de elemento discreto [$\$(\text{m}^2)^{-1}$] o [$\$(\text{Unidad})^{-1}$] de diversos valores y se compararon entre las empresas que se adjudicaron las licitaciones de los parques (ver Tabla 4 en página 52), calculando los porcentajes de variación entre ellos.

Se revisaron los valores ofertados en las planillas de itemizados de costos para las empresas oferentes de las licitaciones del parque Cerros de Chena 2009-2012 (menor valor de costo de mantenimiento unitario PPU) y del parque Lo Varas 2012 (mayor valor de costo de mantenimiento unitario PPU), comparando la variabilidad entre los valores ofertados por las diversas empresas para los mismos ítems de mantención y se calcularon los porcentajes de ahorro considerando un valor teórico en bases a los menores valores ofertados. Un ejercicio similar se aplicó a dos licitaciones del parque Bernardo Leighton de los periodos 2009 y 2012, las cuales fueron adjudicadas a la misma empresa, para corroborar la variabilidad de costos de un periodo a otro en las diversas labores, calculando porcentajes y estimaciones de ahorros en base a los menores valores ofertados por las empresas competidoras de la licitación.

2.4.5 *Simulación de metodología de costos unitarios de mantenimiento*

Para estimar la reducción de costos por mejoras y actualizaciones de los instrumentos de licitación (planillas de itemizados), se propuso simular el costo de mantenimiento de labor mantención de césped del parque André Jarlan en base al método de costos unitario (Ingels, 2009). El método de costo unitario cuantifica en detalla el n° de operaciones requeridas y su frecuencia para determinados escenarios de mantenimiento, calculando los gastos en insumos, herramientas, maquinarias y mano de obra, en base a los tiempos y rendimientos medidos en terreno, en diversas condiciones, y estandarizado por porcentajes de variabilidad inferiores al 10% para simular o aproximar el costo de mantención de una nueva área verde (Ingels, 2009). Este método es mucho más confiable y presenta menores errores en la estimación de costos, que el método arbitrario comparativo que se emplea en las licitaciones del MINVU, en donde los oferentes designan valores arbitrariamente, en

base a sus experiencias de mantenimientos y sus intereses empresariales. Sin embargo, tiene una inversión y esfuerzo inicial para calcular medias de tiempos de trabajo y rendimiento en diferentes situaciones.

Entre las consideraciones del método de costo unitario, cabe señalar que para calibrar las tablas de cálculo se requieren datos específicos empíricos medidos para cada valor, los que se resumen en:

1. Determinar el número exacto de operaciones por cada labor para el nivel de mantenimiento deseado.
2. Medir empíricamente y en condiciones estándares para cada parque distinto en un periodo de tiempo de 1 año, el tiempo que demora a un trabajador completar 1000 m² de labor asignada .
3. Delimitar el alcance espacial (superficie) y unitario (cantidad) específico de cada labor a realizar.
4. Obtener un valor promedio de hora de trabajador (jardinero) a precio de mercado.
5. Aplicar un factor de eficiencia laboral, el rango óptimo debe variar entre 75 y 100 % de cumplimiento de las tareas asignadas según jornada laboral.
6. Especificar los rendimientos de los equipos empleados y las condiciones para obtener sus rangos óptimos de eficiencia.
7. Determinar el consumo de combustibles, insumos (fertilizantes, pesticidas y otros) según requerimientos de mantención y rendimientos de equipos.
8. Especificar las velocidades de trabajo (tasas medias), los tipos de superficies (pendiente, plana, etc.) y otras variables de terreno que condicionen la eficiencia de la labor.
9. Aplicar al valor final un margen de error de un 10 % (positivo y negativo).

Para efectos del cálculo se adaptaron datos de otros estudios y referencias. Para simular la mantención de la superficie de césped del parque André Jarlan (73574 m²), se empleó el n° y frecuencia de operaciones descritas en Falcón (2007) para un césped de calidad estándar y los datos de consumos de insumos, herramientas y equipos fueron adaptados y actualizados desde el informe del municipio de Tampa (2000), en Florida EEUU, considerando porcentajes de ineficiencia en el trabajo de la mano de obra.

Los datos adaptados y supuestos utilizados se resumieron en:

1. N° de operaciones: Basado en Falcón (2007) , especifica el número de operaciones para mantener el césped a una altura inferior a 8 cm en climas mediterráneos
2. Tiempo en minutos por trabajador empleado para cada labor: Los datos se basaron en Ingels (2009); Forsyt y Musachio (2007) y un reporte del departamento de conservación de áreas verdes de la ciudad de Tampa (Florida -EEUU) del año 2000
3. Equipos: Los equipos especificados en Tampa (2000) corresponden a una cortadora de césped Naftera con discos de 18" y una orilladora convencional de discos de 26"
4. Insumos: Se ha considerado que los equipos consumen a carga media, 1,5 litros de bencina cada una hora de uso en superficies planas
5. Eficiencia de trabajo: Se consideró un 80 % de la jornada laboral, lo que equivale a 6,4 horas de trabajo real en una jornada de 8 horas diarias (20% ineficiencia)
6. Valor hora de trabajo: Se estimó en \$1705 la hora de trabajo, sobre la base de un sueldo bruto de mercado para jardinero equivalente a \$300.000

2.4.6 Análisis comparativo de la gestión del MINVU 2012-2014

El análisis de los costos de mantenimiento también incluyó una comparación con la gestión del MINVU desde el año 2012 al 2014, periodo coincidente con la promulgación de la Red Nacional de Parques Urbanos y la generación de la figura del coordinador nacional de parques urbanos encargado de asesorar y mejorar la gestión del programa. Se comparó la variación de los costos de mantenimiento unitarios de los parques del PPU en los años 2013 y 2014, los promedios para las tipologías PUN y PUT y la variación financiera bruta del programa. Asimismo, para el mismo periodo se simularon los costos de mantenimiento y su variación anual de acuerdo a los valores de IPC, según lo especificado en las bases técnicas de licitación, y estos valores se compararon con los reales para determinar los porcentajes de variabilidad y los potenciales ahorros que se podrían generar si los parques se ajustasen rigurosamente a estas condiciones.

Finalmente, se comparó la gestión, en términos de variables generales, de diseño arquitectónico, componente vegetal, ecológicas y costos de mantenimiento para el parque urbano Renato Poblete (2014-2015), que ha sido el último parque en incorporarse al mantenimiento del PPU, con los valores promedios obtenidos por los parques del PPU el

año 2012, para establecer si han existidos cambios o mejoras en torno al diseño y gestión en dicho periodo.

2.5 Revisión bibliográfica sobre herramientas conceptuales de ecología para disminuir costos de mantención de parques urbanos

En base a una exhaustiva revisión bibliográfica se logró recopilar y sintetizar información referente con principios de ecología, recomendaciones y técnicas que permiten mejorar la sustentabilidad de un parque urbano, disminuyendo sus costos de mantenimiento. Con la información obtenida se confeccionó una síntesis explicativa de las herramientas conceptuales de la ecología de ecosistemas, ecología de comunidades, ecología evolutiva y biogeografía.

En relación a los tópicos revisados en detalle en cada subdisciplina: respecto a la ecología de ecosistemas se indagó en la aplicación del concepto de ecosistema para caracterizar los componentes del parque, la provisión de servicios ecosistémicos, las interacciones entre la comunidad y los componentes del parque y las dinámicas de las labores del mantenimiento, en términos de flujos de intercambio de materiales y energía con el entorno. La ecología de comunidades se evaluó como referente para el diseño de jardines sucesionales, basados en los mecanismos de planificación y manejo de la sucesión secundaria. La ecología evolutiva fue revisada en búsqueda de criterios de selección de especies vegetales basados en el modelo de Grime, que correlaciona estrategias de vida de especies vegetales con sus adaptaciones al medio ambiente (tolerancia al stress, perturbaciones y especies competidoras). De la biogeografía se recurrió al concepto de biotopos, para designar los jardines sucesionales del parque, y se revisaron las especies más adecuadas para un potencial Parque Urbano Sustentable localizado del A.M.S., a partir de las formaciones vegetales más representativas del A.M.S.

Finalmente, cabe decir que con la información recopilada se confeccionaron tablas, figuras y gráficos para comprender mejor el rol de la vegetación, la adecuación biológica y los costos de mantenimiento de un parque urbano.

2.6 Análisis de estudios de caso internacionales de parques urbanos sustentables

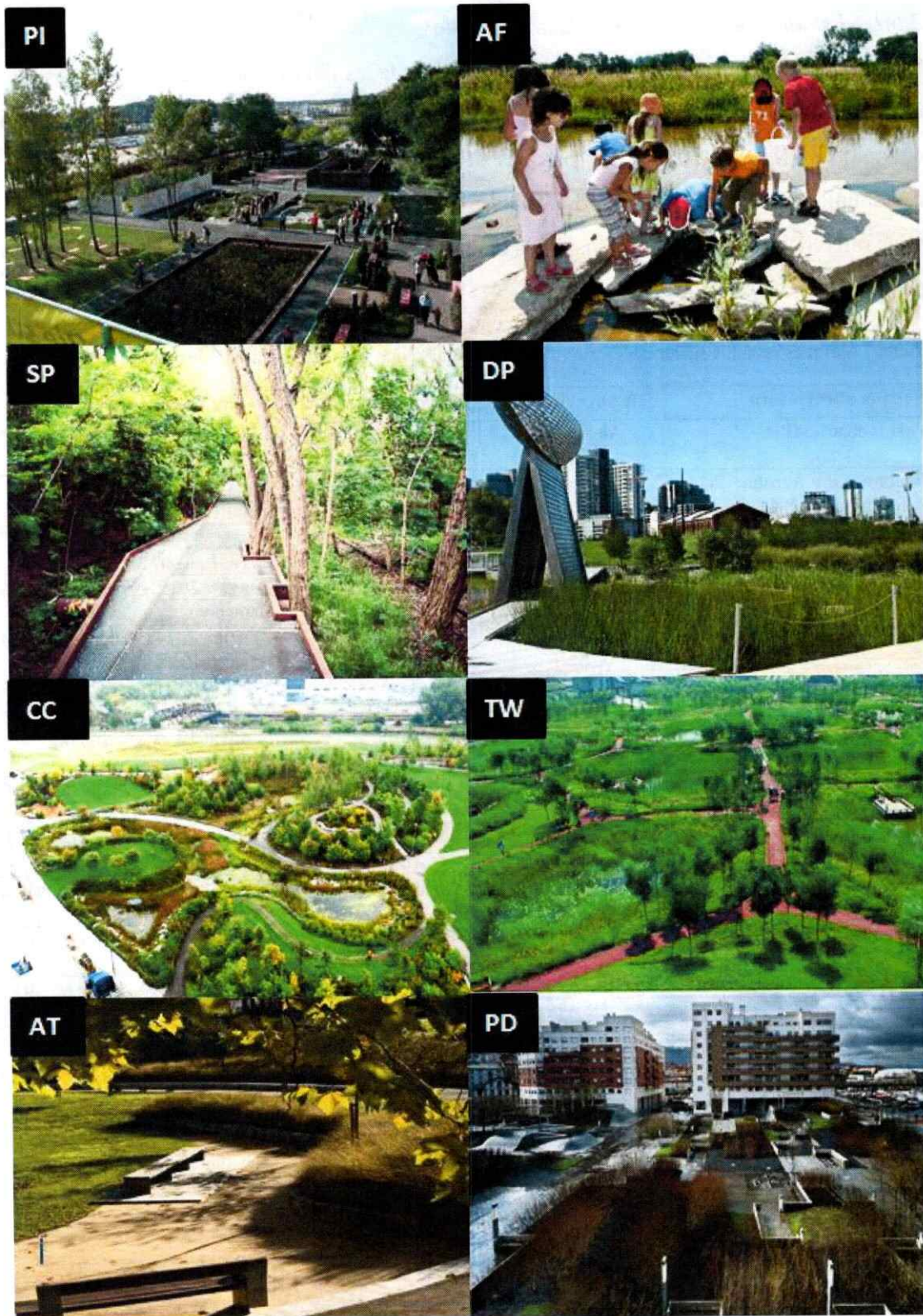
2.6.1 Estudios de casos y recopilación de datos

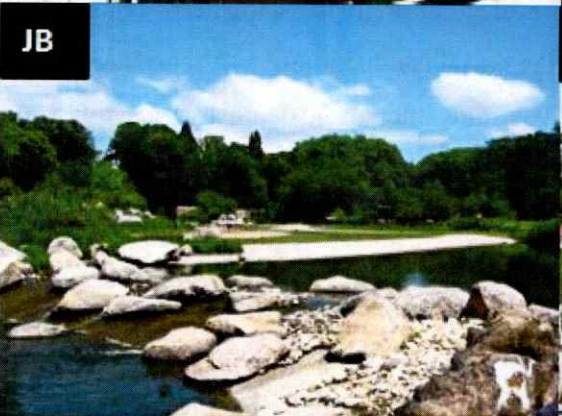
Se analizaron 16 parques urbanos de diferentes ciudades del mundo, que han sido descritos o considerados como sustentables, ecológicos o eficientes en gestión de recursos energéticos (Krauel, 2008). Los parques se localizan en diferentes ciudades europeas y estadounidenses, principalmente. La Tabla 7 resume el nombre del parque, el país de origen y las referencias utilizadas con los datos de análisis. La Figura 7 muestra imágenes de estos parques analizados.

Tabla 7. Parques urbanos sustentables internacionales analizados y las referencias de los datos.

| Parque abreviatura | País abreviatura | Ciudad abreviatura | Referencias |
|---|------------------|--------------------|--|
| Post Industrial (PI) | Alemania (ALE) | Brandenburgo (BRG) | Baumeister, 2007; Krauel, 2008; Feireiss, 2002 |
| Reconversión Aeropuerto Alterflugplatz (RA) | Alemania (ALE) | Frankfurt (FRK) | www.landezine.com ; Baumeister, 2007; Schmdit, 2009 |
| Sudgelände Park (SP) | Alemania (ALE) | Berlín (BER) | Kowaric y Langer, 2005; NYC, 2012; Langer, 2012 |
| Docklands Park (DP) | Australia (AUS) | Melbourne (MEL) | Song, 2012; Krauel, 2008; Brown y Clarke, 2007 |
| Corktown Common (CC) | Canadá (CAN) | Toronto (TOR) | Zhang, 2014; Redpath, 2014; Berrizbeitia, 2009; |
| Tianjin Wetland Park (TW) | China (CHI) | Tianjin (TIJ) | Yu, 2010; Huang et al., 2013; Yu, 2012; www.turenscape.com |
| Alai Txoko (AT) | España (ESP) | Irún (IRU) | Song, 2012; www.irun.org |
| Plaza del Desierto (PD) | España (ESP) | Bilbao (BIL) | MAD, 2014; Minguet, 2010; Arroyo, 2001 |
| Cochera de Autobuses de la Horta (CH) | España (ESPN) | Barcelona (BAR) | Krauel, 2008; Arquitectos, Cl., 2008 ; Coll y Leclerc, 2012 |
| Parc del Calamot (PC) | España (ESP) | Barcelona (BAR) | Tunkey, 2009; Fuentealba, 2012; www.abpaisagistet.com |
| Tanner Spring Park (TS) | EEUU (USA) | Portland (POR) | Dinep y Schwab, 2010; Gallagher, 2012; |
| Elizabeth Carruthers Park (EC) | EEUU (USA) | Portland (POR) | Hagerman, 2007; EPA, 2012; De Sousa, 2012 |
| Teardrop Park (TP) | EEUU (USA) | Nueva York (NYC) | Berrizbeitia, 2009; Candelario, 2013; www.landezine.com |
| Jardín Botánico Bordeaux (JB) | Francia (FRA) | Bordeaux (BOR) | Baumeister, 2007; Mosbach, 2007 |
| Mandela Park (MP) | Holanda (HOL) | Almere (ALM) | Brands, 2013; www.landezine.com |
| Anchor Park (AP) | Suecia (SUE) | Malmo (MAL) | Krauel, 2008; Andersson, 2002; Austin, 2013 |

Figura 7. Imágenes de los parques urbanos sustentables internacionales analizados. Ver nombres en Tabla 7.





Se recopiló información procedente de las fuentes citadas en la tabla anterior, de acuerdo a la calidad de la información se pudo agrupar en variables cuantitativas y cualitativas, para el cálculo de las superficies se procedió al análisis de la planimetría general de los proyectos y se corroboró con mediciones de los parques efectuadas con imágenes satelitales en el software Google Earth Pro.

En términos generales, se analizaron 6 variables de caracterización general (país, ciudad, pluviometría y temperatura de la ciudad de emplazamiento, año de construcción), 16 variables correspondiente al diseño de los parques (zonificaciones y superficies destinadas a las zonas recreativas y ecológicas), 6 variables ecológicas (aproximación ecológica, adecuación bioclimática, entre otros), 10 variables económicas y de gestión (costos de mantenimiento, manejo de residuos, eficiencia energética, entre otros) y 8 variables de caracterización social (usos del parque, educación ambiental autoguiada, entre otros). Los valores de estas variables obtenidos para cada PUS se encuentran en la Tabla 71 del anexo.

2.6.2 Análisis estadísticos de clasificación multivariados y correlacionales

A partir de los datos recopilados se procedió a efectuar análisis estadísticos, comenzando por correlaciones parciales de Pearson para las variables cuantitativas y correlaciones de rho de Spearman para las variables cualitativas, que intentaron demostrar las relaciones entre las variables de diseño y los costos de mantención de los PUS, las variables ecológicas y las variables sociales, entre otros.

También se aplicó un análisis de conglomerados k-medias a las siguientes variables recopiladas en la Tabla 71 del anexo: Superficie total, porcentaje de césped, porcentaje de pradera natural, porcentaje de área de juegos infantiles, porcentaje de biotopos, porcentaje de jardines xéricos, porcentaje de humedales, porcentaje de o zonas acuáticas, porcentaje de bosques sucesionales, porcentaje de pavimentos y caminos, porcentaje de instalaciones; usos de recreación y deportes, paseo y educación ambiental, actividades físicas varias y encuentro y esparcimiento.

Como resultados del análisis de conglomerados se obtuvieron tablas de pertenencia a los conglomerados, distancias entre los centros finales de cada variable y distancia total entre los conglomerados. Las pruebas de ANOVA que realiza el software para determinar la

validez estadística de los valores de las variables tienen una significancia de un p valor $<0,05$.

Se aplicaron dos análisis de componentes principales (PCA). El primero se aplicó a las siguientes variables de diseño de los PUS: Porcentaje de césped, porcentaje de zonas de biotopos, porcentaje de zonas área de juegos infantiles, porcentaje de humedales, porcentaje de zonas acuáticas, porcentaje de jardines xéricos, porcentaje de pradera natural, superficie total, porcentaje de bosquetes sucesionales y porcentaje de pavimentos y caminos (el detalle de los valores de estas variables para cada parque se puede ver en la Tabla 71 del anexo). El segundo se aplicó a las siguientes variables ecológicas y de uso social en los PUS: Diseño revelatorio de procesos ecológicos, adecuación biológica de la flora, reutilización de aguas lluvia, presencia de flora nativa, reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos, reducción del consumo hídrico, luminarias LED autónomas con paneles fotovoltaicos, mobiliario urbano antivandálico, costos de mantenimiento; usos de paseo y educación ambiental, recreación y deportes, actividad física en general, esparcimiento y encuentro social (el detalle de los valores de estas variables para cada parque se puede ver en la Tabla 71 del anexo).

Se muestran los resultados de las variables y su pertenencia a cada componente, como también el valor del coeficiente Kayser-Meyer-Olkin (KMO) y el test de esfericidad de Bartlett, para los dos PCA realizados.

Finalmente, se sintetizó en una tabla los porcentajes y valores de las principales variables de caracterización general, diseño arquitectónico, diseño vegetal y ecológico entre los PUS, comparando con los valores de los PUT y PUN del PPU.

2.7 Elaboración de índice de sustentabilidad de parques urbanos

2.7.1 Selección de indicadores y metodología de cálculo del índice de sustentabilidad

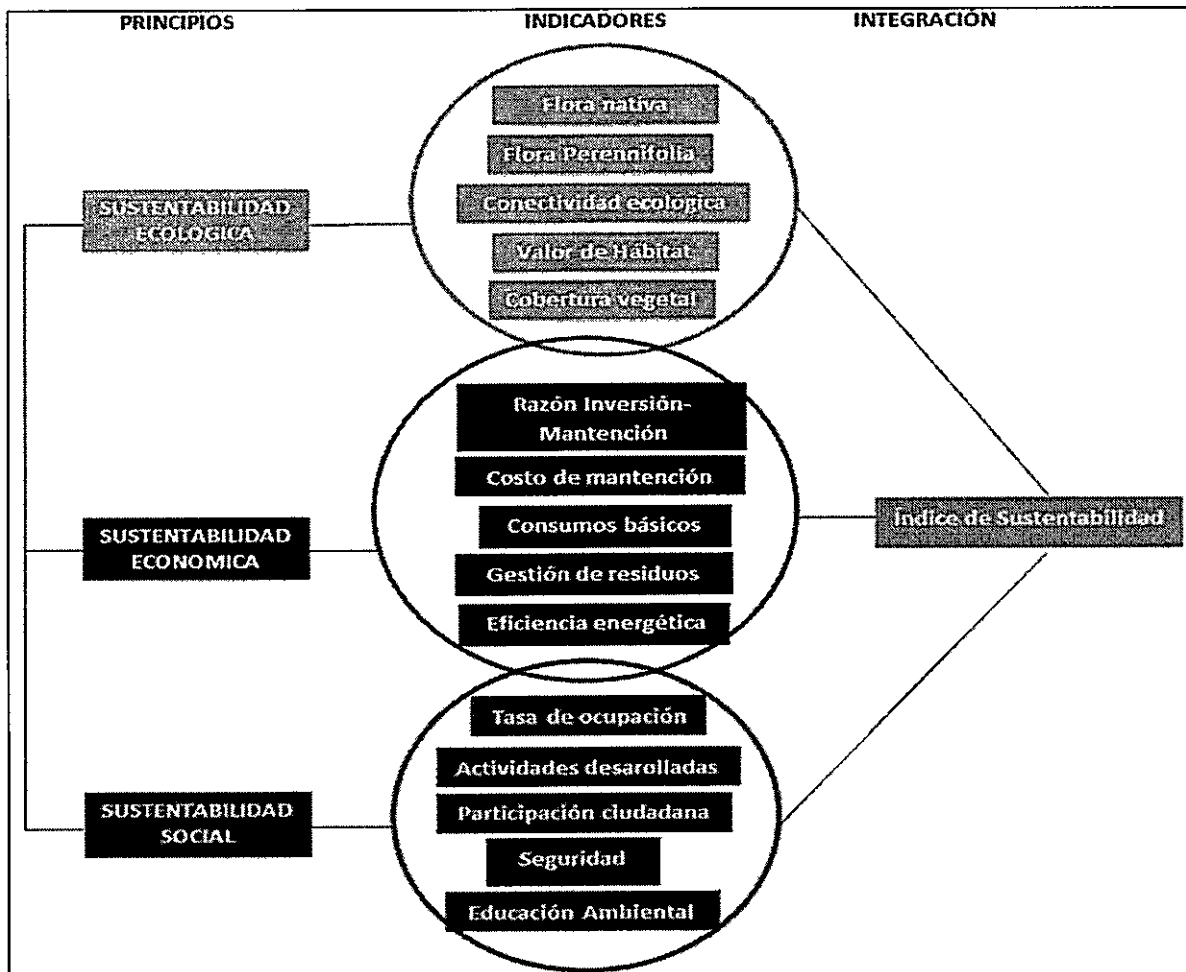
Para establecer el nivel de sustentabilidad de algunos parques urbanos en Santiago se construyó un índice de sustentabilidad multidimensional basado en Vélez (2009), Power (2006) y García y Guerrero, (2006). Esta herramienta permitió estimar cuantitativamente un valor global de sustentabilidad mediante la combinación lineal de indicadores multidimensionales. Los indicadores son del tipo estado-respuesta y permiten detectar las

tendencias de las variables o factores críticos para mejorar la gestión, proveen información dinámica compleja, facilitan la comunicación para el debate, además de tener una estructura multivariada que permite comparar la sustentabilidad entre diversos tipos de parques urbanos (Vélez, 2009; Byrne y Sipe, 2010). La Figura 8 resume la estructura de los indicadores multidimensionales y su integración en el índice de sustentabilidad.

Los indicadores ecológicos buscaron establecer la funcionalidad ecológica de la vegetación del parque y su aporte a los servicios ecosistémicos de mantenimiento de biodiversidad y descontaminación atmosférica (Vélez, 2009; Power, 2006). Los indicadores económicos dieron cuenta de la eficiencia en la gestión energética, manejo de residuos y el grado de sustentabilidad financiera del parque urbano (Vélez, 2009). Finalmente, los indicadores sociales expresaron el impacto del parque en los usuarios, en la recreación y percepción de seguridad del espacio público (Vélez, 2009).

Los indicadores se midieron en variables cuantitativas y cualitativas, cuyos valores se estandarizaron a una escala de sustentabilidad que da la ponderación del indicador. Esta escala de sustentabilidad se calibró en base a los valores referenciales extraídos de la literatura y contextualizados a la realidad local (Vélez, 2009; García y Guerrero, 2006).

Figura 8. Resumen de la estructura del índice de sustentabilidad de parques urbanos, ilustrando las tres dimensiones del concepto y sus respectivos indicadores integrados en el índice (Fuente: Elaboración propia a partir de Vélez, 2009; Power, 2006; García y Guerrero, 2006)



Esta escala presenta cuatro valores correlacionados con su aporte a la sustentabilidad, en el caso del valor 0 este significa que el valor de la variable es nulo en relación al estándar referencial y no presenta un real aporte a la sustentabilidad, los valores 1, 2 y 3 presentan 3 escenarios de sustentabilidad en la medida que el valor de la variable se acerca al valor referencial. La Tabla 8 ejemplifica los distintos valores que puede arrojar la variable *consumo hídrico por especie arbórea en la RM* en relación a su aporte a la sustentabilidad y el valor de la métrica de la escala de sustentabilidad.

Tabla 8. Escalas de sustentabilidad, valores y significado, con un ejemplo de consumo hídrico arbóreo diario.

| Valor métrica escala | Estándar de sustentabilidad | Significado | Proporción | Ejemplo: consumo hídrico por especie arbórea RM |
|----------------------|-----------------------------|--|--|---|
| 0 | Nulo | Sin aporte a la sustentabilidad (no sustentable) | Aún no aplica o déficit mayor a un orden de magnitud | > a 7,0 l/m ² día |
| 1 | Muy debajo del promedio | Débilmente sustentable | Déficit 51- 99 % | 5,1 – 6,9 l/m ² día |
| 2 | Debajo del promedio | Moderadamente sustentable | Déficit 11- 50 % | 3,6 – 5,0 l/m ² día |
| 3 | Cumple con el promedio | Sustentable | Entre -10 y + 10 % | 3,5 l/m ² día |

La Tabla 59 del anexo describe en detalle los indicadores, la relevancia de estos, las variables, su cálculo y la escala de sustentabilidad aplicada a dichas variables. Una vez obtenidos los valores y puntuación de cada indicador se procedió a calcular el valor del índice global mediante las siguientes expresiones:

$$(1) IS = \frac{(\alpha SEL + \beta SS + \gamma SEC)}{Máx. ST}$$

$$(2) SEL; SEC o SS = \frac{1}{nI} \sum_{i=1}^{nI} li$$

$$(3) L = \frac{1}{nV} \sum_{i=1}^{nV} Vi$$

En donde IS= Valor índice de Sustentabilidad (0,0 – 1,0)

SE_I= Valor dimensión Sustentabilidad Ecológica (0-15)

SE_C= Valor dimensión Sustentabilidad Económica (0-15)

SS = Valor dimensión Sustentabilidad Social (0-15)

$\alpha; \beta; \gamma$ = Coeficientes de ponderación según dimensión (0,0 – 1,0 $\rightarrow \alpha + \beta + \gamma = 1,0$)

ST máx.= Valor máximo de la suma de las dimensiones parciales (45)

n_I = Número de indicadores según dimensión

li = Indicadores de sustentabilidad definidos para cada dimensión

n_V = Número de variables según dimensión

Vi = Puntaje de las variables en una escala natural de 0-3.

La formulación anterior muestra que el valor del índice de sustentabilidad (IS) promedia la combinación lineal de los valores parciales obtenidos en las dimensiones: ecológica (SEL), económica (SEC) y social (SS), en torno a un valor máximo teórico (ST). Estos valores a su

vez, son expresiones del valor puntuado por los indicadores y sus variables respectivas. Dado que el índice pretende ser un indicador global de sustentabilidad, los coeficientes de ponderación de las dimensiones se mantuvieron constantes a un valor de 0,33 para que las tres dimensiones tuviesen la misma representatividad en el valor del índice de sustentabilidad (IS).

La interpretación de los resultados obtenidos por el índice configuran cinco escenarios posibles que varían desde la no sustentabilidad hasta la sustentabilidad del parque en cuestión (la Figura 9 detalla estos valores). Asimismo, se generó un coeficiente de integración definido por el inverso de las desviaciones estándares de los valores puntuados por las dimensiones individuales, esto se realizó para determinar qué tan acopladas entre sí se encuentran las dimensiones representadas en el índice.

Figura 9. Escalas de interpretación del índice de sustentabilidad y el coeficiente de integración de las dimensiones

| Escala de interpretación resultados del índice de sustentabilidad parques urbanos | |
|---|---|
| Escala Índice de sustentabilidad | Coefficiente de integración (1/Desviación estándar) |
| Entre 0- 0,20 = No sustentable | Entre 0- 1 = Integración débil entre las dimensiones de la sustentabilidad |
| Entre 0,21- 0,30 = Poco sustentable | Entre 1- 2 = Integración moderada entre las dimensiones de la sustentabilidad |
| Entre 0,31- 0,50 = Moderadamente sustentable | Entre 2- 3 = Integración fuerte entre las dimensiones de la sustentabilidad |
| Entre 0,51- 0,75 = Moderadamente alta sustentable | |
| Entre 0,76- 1,00 = Sustentable | |

La visualización del índice se realizó mediante diagramas araña (Byrne y Sipe, 2010), un tipo de gráfico radial que ilustra la puntuación de cada indicador mediante el achurado superficial (color negro) en torno a un área circular que ilustra el total de los indicadores para cada caso de estudio. Finalmente, se generó un gráfico que confronta el valor total del índice de sustentabilidad versus el coeficiente de integración multidimensional, para cada caso de estudio en cuestión.

2.7.2 Casos de estudio

Para determinar la sustentabilidad de los parques urbanos en Santiago se evaluaron cinco tipologías correspondientes a: parque urbano tradicional (PUT), parque urbano natural (PUN), parque urbano eficiente energéticamente, parque urbano sustentable y sitio eriazo urbano con expresión de sucesiones ecológicas.

Para cada tipología representada, se utilizaron valores promedios de parques urbanos definidos en esa categoría (revisar Tabla 9). La información de los parques urbanos naturales y tradicionales fue proporcionada por MINVU (2012) y PULSO (2002); para el caso del parque urbano eficiente se utilizó como referencia el Parque Bicentenario de Vitacura, según los datos aportados por Vitacura (2012). La información corresponde a las especificaciones técnicas de las partidas de mantenimiento, detalles de gestión e inventarios de flora, fauna y mobiliario urbano del parque, entre otros. El parque urbano sustentable corresponde a referencias de parques urbanos internacionales que han sido descritos por Krauel (2008), Crazz y Boland (2004), Dell (2009) y Hough (2004), entre otros autores, este sirvió de modelo teórico para contrastar la sustentabilidad de los parques en Santiago. Finalmente, se caracterizó un sitio eriazo urbano en la zona de sur de Santiago según lo descrito por Anderson (2009), para tener una referencia de ecosistemas sucesionales urbanos y su relación con la sustentabilidad. La Tabla 9 enumera los parques empleados para el análisis.

Tabla 9. Cuadro de síntesis de los parques urbanos utilizados en el índice de sustentabilidad

| Tipos de parques | Casos de estudio |
|---------------------------|--|
| Parque urbano tradicional | Violeta Parra (Santiago de Chile) |
| | La Bandera (Santiago de Chile) |
| | André Jarlan (Santiago de Chile) |
| | Lo Varas (Santiago de Chile) |
| | Bernardo Leighton (Santiago de Chile) |
| Parque urbano natural | Mapocho Poniente (Santiago de Chile) |
| | Cerros de Chena (Santiago de Chile) |
| | Mahuidahue (Santiago de Chile) |
| | Cerro Blanco (Santiago de Chile) |
| Parque urbano sustentable | Anchor Park (Malmo, Suecia) |
| | Teardrop park (Nueva York, Estados Unidos) |
| | Schonenberg sudgelande (Berlín, Alemania) |
| | Mandela Park (Almere, Holanda) |
| Parque urbano eficiente | Bicentenario de Vitacura (Santiago de Chile) |
| Sitio eriazo urbano | Lo Espejo (Santiago de Chile) |

2.8 Simulación de costos de mantención a través de un modelo econométrico

La estimación de la disminución de costos de mantenimiento de un parque urbano, debido a la aplicación de principios, criterios y herramientas conceptuales de ecología, se cuantificó mediante la aplicación de un modelo econométrico lineal múltiple, basado en los resultados del análisis estadístico de los costos de mantenimiento de los parques del PPU.

En primera instancia, se generó un modelo conceptual de las labores de mantenimiento basado en la información recopilada en las bases técnicas de mantenimiento de MINVU (2012b) y a partir de él formularon las principales labores de mantenimiento y su correlación con los costos de mantenimiento de los parques urbanos.

Luego se confeccionó una tabla (Tabla 75 del anexo) que recopila y sintetiza recomendaciones, criterios y estándares interdisciplinarios para la disminución de costos de mantenimiento para cada ítem de mantención asociado. Esto permitió generar criterios para la planificación y diseño de parques urbanos sustentables en base a la revisión bibliográfica de las herramientas conceptuales de la ecología.

Los datos de costos de mantenimiento, porcentajes de incremento anual e inter-licitación (cada 3 años) se obtuvieron a partir de las planillas de itemizado de costos en MINVU (2012b). Asimismo, serán presentados los valores del coeficiente de regresión lineal (R^2) y su significancia estadística para cada variable independiente de los ítems de labores de mantenimiento y sus costos de mantención mensual asociado a cada parque urbano.

El modelo econométrico lineal combina variables independientes (superficie y unidades) y dependientes (costos de mantención de cada ítem) en una regresión lineal, dada por los valores iniciales del costo de mantención del ítem (VI) y los porcentajes de variación anual de la labor simulada (VA). A continuación, se presenta la formulación, general:

$$\text{Costo mantención labor } (x=\text{superficie o unidad})= VIM \text{ labor} * x + VAM \text{ labor}$$

De la combinación lineal de 23 ecuaciones parciales (4 ecuaciones de mantención general; 11 ecuaciones de mantención vegetal; 8 ecuaciones de mantención general) se obtiene el valor total de mantención estimado para cada parque, según la fórmula:

$$M_{tot}(y) = \sum_{i=1}^{nY} Y_i + \epsilon Y_i$$

En donde:

M_{tot} = Costo de mantención total del parque

Y_i = Valores de las ecuaciones lineales de mantención del parque

l = Número de ítems de mantención del parque

ϵY_i = Error asociado a la variabilidad del valor de mantención por ítem simulado

La Tabla 10 presenta el detalle de las ecuaciones lineales de cada ítem de mantención y su regresión lineal en el modelo econométrico.

La simulación se efectuó en base a parques urbanos con valores determinados de superficies (m²) de zonas ecológicas y zonas recreativas, conformados por la categoría PUT y PUS, para tres tipos de superficies: parque urbano pequeño (2 ha); parque urbano promedio (6 ha); parque urbano natural o periurbano de gran tamaño (> 17 ha).

Tabla 10. Ecuaciones del modelo econométrico lineal para cada ítem de mantenimiento simulado

| Variable dependiente (y)
(Costos de mantenimiento) | Variable independiente
(x) | Ecuación lineal Mantenimiento (M) por variable
(VIM: Valor inicial mantenimiento;
VAM: Variación anual mantenimiento) |
|---|-------------------------------|---|
| Seguridad (<i>seg</i>) | Superficie (m ²) | $M_{seg}(x) = VIM_{seg} * x + VAM_{seg}$ |
| Labores ocasionales (<i>lao</i>) | Superficie (m ²) | $M_{lao}(x) = VIM_{lao} * x + VAM_{lao}$ |
| Labores estacionales (<i>lae</i>) | Superficie (m ²) | $M_{lae}(x) = VIM_{lae} * x + VAM_{lae}$ |
| Consumos básicos (<i>cob</i>) | Superficie (m ²) | $M_{cob}(x) = VIM_{cob} * x + VAM_{cob}$ |
| Mantenimiento vegetal | | |
| Césped (<i>ces</i>) | Superficie (m ²) | $M_{ces}(x) = VIM_{ces} * x + VAM_{ces}$ |
| Árboles y arbustos (<i>arb</i>) | Unidad | $M_{arb}(x) = VIM_{arb} * x + VAM_{arb}$ |
| Cubresuelos (<i>cub</i>) | Superficie (m ²) | $M_{cub}(x) = VIM_{cub} * x + VAM_{cub}$ |
| Praderas naturales (<i>pra</i>) | Superficie (m ²) | $M_{pra}(x) = VIM_{pra} * x + VAM_{pra}$ |
| Riego (<i>rie</i>) | Superficie (m ²) | $M_{rie}(x) = VIM_{rie} * x + VAM_{rie}$ |
| Binazón del suelo (<i>bin</i>) | Superficie (m ²) | $M_{bin}(x) = VIM_{bin} * x + VAM_{bin}$ |
| Control de plagas (<i>cop</i>) | Superficie (m ²) | $M_{cop}(x) = VIM_{cop} * x + VAM_{cop}$ |
| Control de malezas (<i>com</i>) | Superficie (m ²) | $M_{com}(x) = VIM_{com} * x + VAM_{com}$ |
| Compostaje (<i>coj</i>) | Superficie (m ²) | $M_{coj}(x) = VIM_{coj} * x + VAM_{coj}$ |
| Podas árboles y arbustos (<i>poa</i>) | Unidad | $M_{poa}(x) = VIM_{poa} * x + VAM_{poa}$ |
| Laguna (<i>lag</i>) | Superficie (m ²) | $M_{lag}(x) = VIM_{lag} * x + VAM_{lag}$ |
| Mantenimiento general | | |
| Pavimentos duros y blandos (<i>pav</i>) | Superficie (m ²) | $M_{pav}(x) = VIM_{pav} * x + VAM_{pav}$ |
| Aseo general (<i>ase</i>) | Superficie (m ²) | $M_{ase}(x) = VIM_{ase} * x + VAM_{ase}$ |
| Mobiliario urbano (<i>mob</i>) | Unidad | $M_{mob}(x) = VIM_{mob} * x + VAM_{mob}$ |
| Juegos deportivos (<i>jud</i>) | Unidad | $M_{jud}(x) = VIM_{jud} * x + VAM_{jud}$ |
| Juegos infantiles (<i>juf</i>) | Unidad | $M_{juf}(x) = VIM_{juf} * x + VAM_{juf}$ |
| Infraestructura (<i>inf</i>) | Superficie (m ²) | $M_{inf}(x) = VIM_{inf} * x + VAM_{inf}$ |
| Edificaciones (<i>edi</i>) | Superficie (m ²) | $M_{edi}(x) = VIM_{edi} * x + VAM_{edi}$ |
| Sistema riego -eléctrico (<i>sir</i>) | Superficie (m ²) | $M_{sir}(x) = VIM_{sir} * x + VAM_{sir}$ |

Las salidas del modelo corresponden a tablas con los valores simulados y representaciones gráficas de las trayectorias de los valores de costos de mantenimiento en una serie de tiempo desde el año 0 (costo de inversión inicial) hasta el 15 año de mantenimiento simulado.

La validación del modelo se efectuó en base a la comparación de los valores simulados de los PUT con los valores reales obtenidos por parques del PPU de superficie similar. Para el caso del PUT simulado de 2 ha se comparó con el parque Lo Varas de 1,5 ha. El PUT simulado de 6 ha se comparó con el parque La Bandera de 9,2 ha. El PUT simulado de 17 ha se comparó con el parque Mapocho Poniente de 12,9 ha. Los porcentajes de error asociados a cada simulación se presentaron en tablas.

Finalmente, se confeccionó una tabla que sintetiza los ahorros generados por el modelo PUS en comparación a la simulación del PPU. Asimismo, se presentó el detalle del aporte a la disminución de costos por ítem de mantenimiento para cada labor simulada.

3 RESULTADOS

3.1 Análisis de los costos de mantenimiento de los parques

3.1.1 Descripción conceptual de las labores de mantenimiento

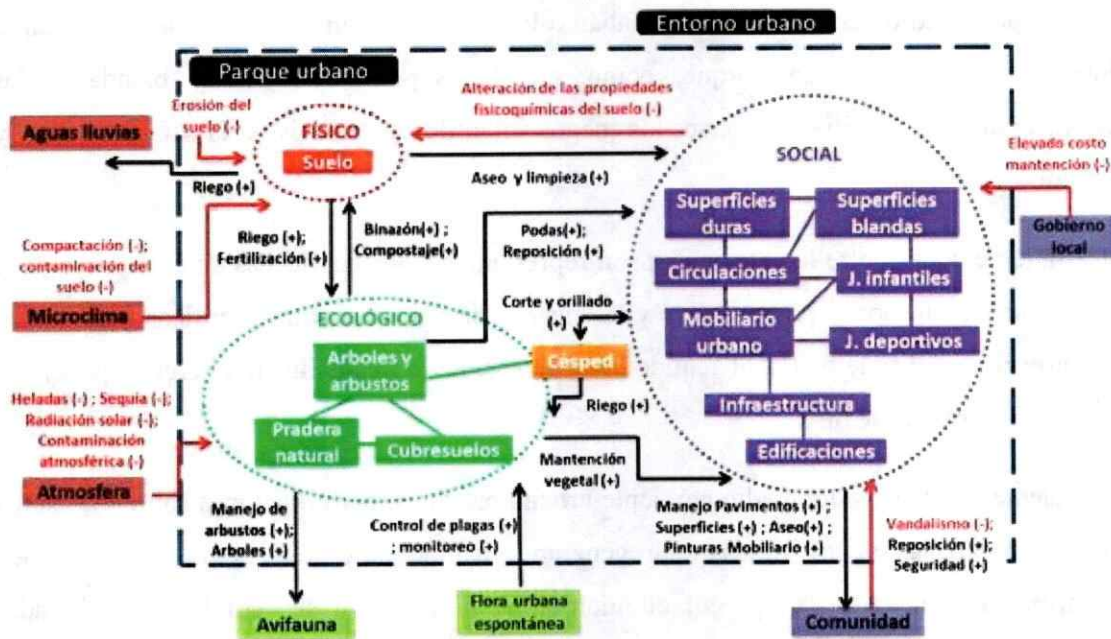
Como se apreció en la Tabla 3 los parques urbanos se ven enfrentados a diversas condiciones físicas (climáticas), ecológicas y sociales que en el ambiente urbano difieren de su condición natural (Falcón, 2007; Hough, 2004; Marsh, 2005), lo que dificulta la funcionalidad de los componentes del parque urbano y restringen la provisión de servicios ecosistémicos (Bolund y Hunhammar, 1999; Borgström, 2003). Justamente para contrarrestar estas condiciones es que son necesarias las labores de mantención (Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007). Las labores de mantención se definen como las actividades, técnicas e insumos requeridos con determinada frecuencia para conservar la funcionalidad de los elementos vegetales, arquitectónicos y de infraestructura del parque urbano (Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007; Beck, 2013; VanDerZanden y Cook, 2010).

Las labores de mantención se describen sintéticamente en la Tabla 11 (para un mayor detalle de las labores del PPU véase la Tabla 60, en el anexo), allí se aprecian sobre los componentes en los que actúan y su descripción general. En general, el suelo requiere labores que mejoren su calidad estructural permitiendo asimilar una mayor cantidad de aire, agua y nutrientes para facilitarlos al elemento vegetal. El componente vegetal requiere labores de riego; fertilización en los casos que el suelo tenga un déficit de nutrientes; control de plagas y enfermedades que afectan la salud vegetal; podas de conservación y remoción de ramas peligrosas; corte y orillado del césped y reposición de elementos vegetales muertos o enfermos. Las instalaciones, circulaciones, mobiliarios, infraestructura y pavimentos requieren labores de aseo, pintura, reparación de piezas y mantenciones específicas. Los consumos básicos permiten el riego (sumado al riego de agua de pozo y canal de algunos parques) y alumbrado del parque. La seguridad vela por la prevención de situaciones conflictivas entre usuarios y el resguardo e integridad de los componentes del parque.

Tabla 11. Resumen de las principales labores de mantenimiento efectuados en los parques urbanos de Santiago. Fuente elaboración propia en base a Falcón (2007); Thompson y Sorvig (2007); MINVU (2012).

| Componente | Labor | Descripción |
|--|-----------------------------|---|
| Suelo | Binazón | Remoción de las capas superficiales del suelo para asimilar más agua, aire y nutrientes. |
| Suelo | Compostaje | Reincorporación de residuos vegetales para mayor humedad y materia orgánica del suelo. |
| Vegetal | Fertilización | Aplicación de nutrientes químicos adicionales para potenciar el crecimiento de los vegetales. |
| Vegetal | Reposición | Reemplazo de especies vegetales muertas. |
| Vegetal | Control de plagas y malezas | La fumigación con agentes químicos y el desbroce permite controlar las plagas. |
| Césped, praderas y cubresuelos | Corte y orillado | El césped se recorta para limitar su crecimiento ornamentalmente y el orillado para delimitar. |
| Césped, praderas y cubresuelos | Resiembra | Los céspedes tienen un ciclo de vida corto por lo que deben ser sembrados periódicamente. |
| Árboles y arbustos | Podas de mantención | La poda elimina selectivamente ramas para mejorar y corregir el crecimiento arbóreo. |
| Lagunas y bosques | Manejo de zonas naturales | Las lagunas deben limpiarse periódicamente y los bosques deben controlar incendios y plagas. |
| Superficies duras
Superficies blandas | Manejo de pavimentos | Remoción superficial de residuos, lavado y aseo de superficies, reposición periódica de gravilla. |
| Mobiliario, infraestructura | Mantención | Aseo superficial y reparación de piezas. |
| Mobiliario, juegos deportivos, infantiles, edificios e infraestructura | Pinturas | La pintura se aplica para proteger las superficies del calor, la humedad, oxidación y grafitis. |
| Mobiliario, juegos deportivos, infantiles e infraestructura | Reposición general | Al cesar la vida útil de un elemento o el destrozo vandálico deberán ser repuestos los elementos. |
| Suelo, Vegetal e infraestructura sistema de riego – eléctrico | Informes y monitoreo | Los análisis y monitoreo generan información actual sobre los sistemas para tomar decisiones. |
| Sistema riego - eléctrico | Mantenciones específicas | Se deben supervisar que funcionen las instalaciones, las bombas y salidas del sistema. |
| Instalaciones del parque y usuarios | Seguridad | Vigilancia de las instalaciones y usuarios. |
| Todo el parque | Aseo y limpieza | Eliminación de residuos y presentación general. |
| Todo el Parque | Consumos básicos | Agua, electricidad y teléfono. |

Figura 10. Modelo conceptual labores de mantenimiento de un parque urbano (Fuente: Elaboración propia)



La Figura 10 es un modelo conceptual que relaciona el medio ambiente urbano con las presiones ejercidas sobre las componentes física, ecológica y social de un parque urbano y las labores de mantenimiento que son necesarias para conservar la funcionalidad del parque. Entre los componentes del modelo destacan las cajas rojas correspondientes al entorno urbano que representan los elementos físico-climáticos: siendo relevantes las aguas lluvias, el microclima urbano y la atmósfera urbana; las cajas verdes representan los componentes ecológicos de la ciudad destacándose la avifauna y la flora urbana espontánea (malezas invasoras); en color morado se encuentran los elementos sociales del medio ambiente urbano, destacando la comunidad y el gobierno local. Al interior del parque se perciben tres grandes componentes del parque urbano, según la caracterización de FES-SISTEMA propuesta por Marin y Delgado (2005), que implica que los ecosistemas (parques) se pueden entender como sistemas dinámicos compuestos por las dimensiones física, ecológica y social. La componente física corresponde al círculo punteado rojo y destaca el suelo del parque urbano que brinda el soporte tanto para los elementos vegetales como de infraestructura; la componente ecológica se conforma por el subsistema compuesto por árboles, arbustos, cubresuelos y pradera natural representados en las cajas verdes al interior del círculo verde y el césped se considera un elemento de interacción entre el ámbito social

y ecológico representado en la caja naranja; la componente social se encuentra en el círculo punteado de color morado que abarca los múltiples componentes que favorecen la interacción social en un parque, como son las superficies duras y blandas, las circulaciones, el mobiliario urbano, los juegos infantiles y deportivos, la infraestructura y las edificaciones.

Las interacciones entre los elementos son representadas por las flechas de color negro que significan interacciones positivas (+) y las flechas de color rojo que significan presiones o perturbaciones al sistema (-), el sentido de la cabeza de la flecha ilustra el efecto que ejerce un componente sobre otro.

Los elementos físicos del medio ambiente urbano producen perturbaciones sobre el sistema parque como las aguas lluvias que generan erosión sobre los suelos, pero también contribuyen con agua para riego; el microclima urbano con sus condiciones alteradas también influencia negativamente al suelo debido a la compactación y contaminación, condiciones que alteran la estructura del suelo restringiendo la disponibilidad de nutrientes y recursos para la vegetación. También el componente social interno, es decir los usuarios del parque, producen alteraciones físicoquímicas en el suelo debido al mal hábito de verte contaminantes sobre el suelo. Para contrarrestar estos efectos se requieren labores de aseo y limpieza, binazón del suelo y compostaje para mejorar la cantidad de materia orgánica presente. Asimismo, la atmósfera también genera perturbaciones negativas como las heladas, sequías, radiación solar intensificada y contaminación atmosférica que inciden directamente sobre el componente ecológico del parque, por lo que se requieren labores de riego, limpieza, podas y fertilización para contrarrestar estas presiones.

La flora urbana espontánea genera presiones por competencia e invasión a la vegetación del parque, por lo que se requieren labores de monitoreo y control de malezas para mantener el parque libre de esta flora. Los insectos y hongos constituyen amenazas al estado fitosanitario de la flora, siendo vulnerable al parasitismo y depredación, por lo que se requieren labores de control de plagas, para disminuir las poblaciones de especies perniciosas. La avifauna interactúa principalmente de manera positiva con la flora del parque siendo agentes de polinización en muchos árboles, arbustos y herbáceas del parque, los cuáles se manejan con labores de limpieza y podas específicas.

La comunidad al encontrarse desacoplada de las fases de desarrollo del parque urbano y al carecer del sentimiento de pertenencia a este espacio, genera presiones negativas sobre la componente social que se traducen principalmente en vandalismo, poco cuidado e higiene sobre las instalaciones del parque, y además si se considera que muchos parques se emplazan en entornos segregados socioeconómicamente, es posible que también se generen presiones de carácter delictivo sobre el resto de los usuarios, tales como robos, asaltos, consumo de bebidas alcohólicas y drogas, riñas, etc. para responder a estas perturbaciones se requieren labores de reposición de elementos, en el caso de destrucción a causa del vandalismo, manejo de pavimentos, aseo, pintura de mobiliario, para contrarrestar el poco cuidado e higiene, y seguridad privada para detener la acción antisocial. Los gobiernos locales, en general, son los agentes encargados de la mantención teniendo que pagar un elevado costo de mantención para que los parques urbanos sean funcionales.

Al interior del parque urbano la componente física interacciona mutuamente con la componente ecológica, para servir de soporte a la biodiversidad se necesita que el suelo y los elementos vegetales se complementen con labores de riego, fertilización, binazón del suelo y compostaje. En el caso de la componente ecológica, para que los elementos vegetales sigan generando los servicios que provisionan a la componente social, es necesario invertir en labores de corte y orillado, reposición, podas, aseo y limpieza. El césped es uno de los elementos sometidos a mayor presión del componente social debido a su funcionalidad de "alfombra vegetal" que alberga diversas actividades de esparcimiento, por lo que requiere riegos extras, cortes y orillados para mantener una altura determinada y fertilización para mantener el vigor. Los elementos de la componente social se manejan con labores de aseo, manejo de superficies duras y blandas, pintura de mobiliario urbano, juegos deportivos e infantiles. En el caso de aquellos elementos estructurales que cumplen su vida útil deben ser reemplazados por nuevos elementos o componentes, aspecto que abarca las labores ocasionales de reposición.

3.1.2 Caracterización vegetal de los parques urbanos

3.1.2.1 Composición vegetal general

La Tabla 12 ilustra que los parques del PPU presentan un 69% de árboles exóticos, en contraposición al 31% de árboles nativos; los parques urbanos tradicionales (PUT)

presentan un 72% de árboles exóticos y los parques urbanos naturales (PUN) presentan un 61 % de árboles exóticos, siendo mayor la presencia de árboles nativos, en un 11 % en relación a los PUT. En el caso de los arbustos los parques del PPU presentan un 75 % como porcentaje promedio de arbustos exóticos; en el caso de los PUT el porcentaje promedio de arbustos exóticos asciende a 81% y en los PUN este porcentaje corresponde al 58%, si lo presentamos en términos de arbustos nativos los PUT tienen un porcentaje promedio del 19% de arbustos nativos y los PUN un promedio de 42%, duplicando el porcentaje de arbustos nativos de los PUT. El porcentaje total de flora exótica (árboles, arbustos y cubresuelos) sigue patrones similares, siendo el promedio del PPU un 73%, en donde los PUT tienen una presencia mayor de flora exótica total de un 77% , en relación a los PUN que presentan un 64% de flora exótica.

El porcentaje de superficies de césped con respecto a la superficie total del parque, corresponde a un promedio de 45,1 % en los PUT, 8,1% en los PUN y 33,1% como promedio general de los parques del PPU. La variabilidad es muy grande ya que hay parques como el Bicentenario de la Infancia que tienen solamente 1,2 % de césped y La Cañamera que presenta un 71,4 % de césped. En cuanto a la superficie de césped los PUT promedian 29.104 m² de césped y los PUN 13.365 m², siendo 24.261 m² el promedio global de césped en los parques del PPU. Las praderas naturales tienen una representación levemente mayor en los PUN (22, 3%), en comparación a los PUT (19,1%). En cuanto a las superficies, los PUN presentan praderas naturales notoriamente mayores, promediando los 31.052 m², en comparación a las 8.601 m² de los PUT.

Las superficies forestales se presentan solamente en los PUN (principalmente cerros islas: parques Cerros Chena, Mahuidahue y Cerro Blanco) y tienen un promedio de 10.6928 m². Existen dos lagunas que funcionan como acopio de agua de riego (Parque Cerros de Chena) y espejo de agua (Parque Peñalolén), sin tener mayores funciones ecológicas; su superficie es de 2.434 m² promedio.

La densidad vegetacional, medida en unidades de árboles por hectárea, tiene un valor promedio de 128 árboles por hectárea para el total de parques del PPU, los PUT tienen una densidad arbórea de 147 árboles por hectárea siendo mayor que los PUN que tienen una densidad promedio de 87 árboles por hectárea. La densidad de arbustos tiene un promedio

de 156 arbustos por hectárea para los parques del PPU, los PUT tienen una densidad de 194 arbustos por hectárea, siendo casi 4 veces mayor que los PUN en comparación a los 53 arbustos por hectárea que presentan.

Tabla 12. Resumen de las principales variables que caracterizan la flora de los parques urbanos (Fuente: elaboración propia).

| Variables de caracterización flora | PUT | PUN | PPU | MIN | MAX |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Promedio árboles totales (unidades) | 743 | 1.290 | 889 | 164 | 1.759 |
| Promedio % árboles exóticos | 72 | 61 | 69 | 53 | 95 |
| Promedio % árboles nativos | 28 | 39 | 31 | 5 | 47 |
| Promedio arbustos totales (Unidades) | 1.033 | 730 | 953 | 128 | 3.482 |
| Promedio % arbustos exóticos | 81 | 58 | 75 | 7 | 100 |
| Promedio % arbustos nativos | 19 | 42 | 25 | 0 | 93 |
| Promedio % de césped | 45,1 | 8,1 | 33,1 | 1,2 | 71,4 |
| Promedio superficie de césped (m ²) | 29.104 | 13.365 | 24.261 | 450 | 50.260 |
| Promedio superficie de pradera natural (m ²) | 8601 | 31.052 | 19.827 | 5.500 | 48.750 |
| Promedio % pradera natural | 19,1 | 22,3 | 20,0 | 3,2 | 40,8 |
| Promedio superficie forestal (m ²) | - | 106.928 | - | - | - |
| Promedio superficie laguna (m ²) | 2.567 | 2300 | 2.434 | - | - |
| Promedio cubresuelos totales (superficie -m ²) | 1.068 | 1.356 | 1.145 | 50 | 3.672 |
| Promedio % cubresuelos exóticos | 81 | 61 | 76 | 10 | 100 |
| Promedio % cubresuelos nativos | 19 | 39 | 24 | 0 | 90 |
| Promedio flora total (unidades) | 1.883 | 2.156 | 1.956 | 470 | 4.563 |
| Promedio % flora total nativa | 23 | 36 | 27 | 5 | 46 |
| Promedio % flora total exótico | 77 | 64 | 73 | 54 | 95 |
| Densidad promedio árboles / ha | 143 | 87 | 128 | 30 | 305 |
| Densidad promedio arbustos / ha | 194 | 53 | 156 | 4 | 594 |
| Densidad promedio cubresuelos / ha | 250 | 100 | 210 | 5 | 949 |
| Porcentaje cobertura vegetal total | 59 | 73 | 66 | 44 | 89 |
| Porcentaje cobertura vegetal sin césped | 34 | 42 | 37 | 18 | 70 |

La cobertura vegetal total, incluyendo el césped, alcanzó un 66 % en los parques del PPU, siendo mayor en los PUN con un porcentaje promedio del 73 %, en comparación al 59 % de los PUT. Los valores disminuyen si se descuenta el porcentaje de césped, siendo un 37 % para los parques del PPU, un 42 % para los PUN y un 34 % para los PUT.

3.1.2.2 Caracterización ecológica de la flora nativa

La Tabla 13 presenta una síntesis de variables de mantención y ecológicas de las especies de árboles nativos catastrados en los parques del PPU. En cuanto a su macrorregión de origen, el 64 % de los arboles corresponde a la zona centro del país (16 especies), el 16 % restante corresponde a árboles de distribución geográfica amplia (4 especies), el 12 % a árboles de la zona norte (3 especies) y un 8 % restantes a la zona sur (2 especies). Con respecto a los endemismos el 64 % corresponde a especies endémicas, concentradas en la zona central (principalmente especies del bosque esclerófilo), y el 36 % restante, son especies nativas. La abundancia relativa se conforma por *Schinus molle* (pimiento) como la principal especie representante de la zona norte (5,8 %); *Quillaja saponaria* (quillay) 13,8 %, *Acacia caven* (espino) 4,2 % y *Maytenus boaria* (maitén) 3,5 %, éstas son las principales especies representantes de la zona centro; en la zona sur las especies de *Sophora microphylla* (pelú) y *Araucaria araucana* (araucaria) tienen una representatividad muy baja inferior al 1 %; finalmente entre las especies de distribución amplia *Drimys winteri* (canelo) presenta una abundancia relativa de 0,5 %.

Los requerimientos hídricos corresponden a un 44 % de requerimientos medios, 40 % de requerimientos altos y 16 % de requerimientos hídricos bajos. La zona centro alberga la mayor cantidad de especies con requerimientos hídricos medios y altos. Sobre los costos de mantención (binazón del suelo, podas, manejo de plagas y fertilizaciones) el 44 % de las especies nativas presentan requerimientos bajos y los requerimientos medios y altos alcanzan un 28 % cada uno. En la zona centro se albergan equitativamente especies con costos de mantención alto, medio y bajo. Los requerimientos de plantación corresponden al 48 % de especies con requerimientos medios, 32 % de especies con requerimientos bajos y 20 % de especies con requerimientos altos. Las especies de la zona central, principalmente, tienen requerimientos medios y bajos de plantación. Los requerimientos de poda corresponden a un 68 % de especies que no requiere poda, un 24 % que requiere podas de formación y un 8 % que requiere podas de limpieza. Las especies de distribución amplia y zona sur no requieren poda, en cambio en la zona centro hay especies que requieren podas de limpieza y formación, pero asimismo la mayoría no requiere podas. La velocidad de crecimiento muestra que el 60 % de las especies tienen una alta tasa de crecimiento y el 40 % restante corresponde a especies de baja tasa de crecimiento, en la zona centro la mayoría

presenta una tasa de crecimiento alto. El follaje siempre verde representa el 90 % de las especies nativas, siendo el 10 % especies caducifolias (algarrobo chileno y roble de Santiago). Sobre el estado biológico de conservación el 72 % de las especies nativas se encuentra en la categoría no listada, 16 % se encuentra vulnerable (*Beilschmiedia miersii*, *Prosopis chilensis*, *Jubaea chilensis*, *Araucaria araucana* y *Nothofagus macrocarpa*), un 4 % fuera de peligro (*Acacia caven*) y el otro 4 % casi amenazada (*Kageneckia angustifolia*).

Tabla 13. Síntesis de variables de mantención y ecológicas de las especies de árboles nativos del PPU (Fuente: Modificado de Correa y de la Barrera, 2014). MREG: Macrorregión de Chile; N. científico: Nombre científico; N. COMUN: Nombre común; END: Endemismo (NAT: Nativo/END: Endémico/EXO: Exótico); R.HID.: Requerimientos hídricos; CMAN: Costo de mantención; VCRE: Velocidad de crecimiento; RPLA: Requerimientos de plantación; LON: Longevidad; PODA: Tipo de poda requerida (NIN: Ninguna/DEF: De formación/DLI: De limpieza); FOLL: Follaje (CAD: Caducifolio/SVE: Siempreverde/SPE: Semipersistente); ECONS: Estado de conservación (VUL: Vulnerable/NLI: No listado/FDP: Fuera de peligro/ CAM: Casi amenazada); IND: Individuos totales; %AR: Porcentaje de abundancia relativa; ALT-a (m) : Altura ejemplar adulto en metros; ALT-i (m) : Altura en metros ejemplar inicial disponible en viveros; \$ IND: Costo en pesos del individuo a la venta en viveros (PUMAHUIDA; CREAPLANTAS)

| MREG | N. CIENTIFICO | N. COMUN | END | R HID | CM AN | VC RE | RP LA | PO DA | FO LL | ECO NS | IND | % AR |
|--------|--------------------------------|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| Norte | <i>Caesalpinia spinosa</i> | Tara | NAV | Bajo | Bajo | Baja | Bajo | NIN | SVE | NLI | 79 | 0,6 |
| Norte | <i>Prosopis chilensis</i> | Algarrobo | NAV | Medio | Medio | Alta | Bajo | NIN | CAD | VUL | 63 | 0,5 |
| Norte | <i>Schinus molle</i> | Pimiento | NAV | Bajo | Alto | Alta | Bajo | DEF | SVE | NLI | 658 | 5,1 |
| Centro | <i>Acacia caven</i> | Espino | NAV | Bajo | Alto | Alta | Bajo | DEF | SPE | FDP | 534 | 4,2 |
| Centro | <i>Aristotelia chilensis</i> | Maqui | END | Medio | Medio | Alta | Medio | NIN | SVE | NLI | 123 | 1,0 |
| Centro | <i>Azara petiolaris</i> | Lilén | END | Alto | Medio | Alta | Medio | NIN | SVE | NLI | 11 | 0,1 |
| Centro | <i>Beilschmiedia miersii</i> | Belloto del norte | END | Alto | Bajo | Baja | Medio | NIN | SVE | VUL | 125 | 1,0 |
| Centro | <i>Crinodendron patagua</i> | Patagua | END | Alto | Alto | Alta | Medio | DLI | SVE | NLI | 221 | 1,7 |
| Centro | <i>Cryptocaria alba</i> | Peumo | END | Alto | Medio | Alta | Medio | NIN | SVE | NLI | 210 | 1,6 |
| Centro | <i>Jubaea chilensis</i> | Palma chilena | END | Medio | Bajo | Baja | Alto | DLI | SVE | VUL | 14 | 0,1 |
| Centro | <i>Kageneckia angustifolia</i> | Frangel | END | Alto | Alto | Baja | Medio | NIN | SVE | CAM | 24 | 0,2 |
| Centro | <i>Luma apiculata</i> | Arrayán | NAV | Medio | Bajo | Media | Alto | DEF | SVE | NLI | 10 | 0,1 |
| Centro | <i>Maytenus boaria</i> | Maitén | END | Medio | Medio | Alta | Medio | DEF | SVE | NLI | 447 | 3,5 |
| Centro | <i>Nothofagus macrocarpa</i> | Roble Santiago | END | Medio | Medio | Baja | Medio | NIN | CAD | VUL | 2 | 0,0 |
| Centro | <i>Peumus boldus</i> | Boldo | END | Medio | Medio | Baja | Bajo | NIN | SVE | NLI | 6 | 0,1 |
| Centro | <i>Quillaja saponaria</i> | Quillay | END | Medio | Alto | Alta | Bajo | DEF | SVE | NLI | 1772 | 13,8 |
| Centro | <i>Schinus latifolius</i> | Molle | END | Medio | Bajo | Baja | Medio | NIN | SVE | NLI | 129 | 1,0 |
| Centro | <i>Schinus polygamus</i> | Huingán | END | Medio | Bajo | Alta | Bajo | NIN | SVE | NLI | 123 | 1,0 |
| Centro | <i>Senna candolleana</i> | Quebracho | END | Bajo | Bajo | Alta | Alto | DEF | SVE | NLI | 78 | 0,6 |
| Sur | <i>Sophora microphyla</i> | Pelú | END | Alto | Bajo | Alta | Medio | NIN | SVE | NLI | 5 | 0,0 |
| Sur | <i>Araucaria araucana</i> | Araucaria | NAV | Medio | Alto | Baja | Alto | NIN | SVE | VUL | 8 | 0,1 |
| Amplia | <i>Cestrum parqui</i> | Palqui | NAV | Alto | Bajo | Alta | Medio | NIN | SVE | NLI | 5 | 0,0 |
| Amplia | <i>Drimys winteri</i> | Canelo | END | Alto | Bajo | Alta | Bajo | NIN | SVE | NLI | 66 | 0,5 |
| Amplia | <i>Laurelia sempervirens</i> | Laurel chileno | NAV | Alto | Alto | Baja | Medio | NIN | SVE | NLI | 3 | 0,0 |
| Amplia | <i>Salix humboldtiana</i> | Sauce Chileno | NAV | Alto | Bajo | Alta | Alto | NIN | SPE | NLI | 39 | 0,3 |

Tabla 14. Comparación entre especies vulnerables endémicas y especies exóticas de requerimientos de mantención similares del PPU (Fuente: Modificado de Correa y de la Barrera, 2014). MREG: Macrorregión de Chile; N. científico: Nombre científico; N. COMUN: Nombre común; END: Endemismo (NAT: Nativo/END: Endémico/EXO: Exótico); R.HID.: Requerimientos hídricos; CMA: Costo de mantención; VCRE: Velocidad de crecimiento; RPLA: Requerimientos de plantación; LON: Longevidad; PODA: Tipo de poda requerida (NIN: Ninguna/DEF: De formación/DLI: De limpieza); FOLL: Follaje (CAD: Caducifolio/SVE: Siempreverde/ SPE: Semipersistente); ECONS: Estado de conservación (VUL: Vulnerable/NLI: No listado/FDP: Fuera de peligro/ CAM: Casi amenazada); IND: Individuos totales; %AR: Porcentaje de abundancia relativa; ALT-a (m) : Altura ejemplar adulto en metros; ALT-i (m) : Altura en metros ejemplar inicial disponible en viveros; \$ IND: Costo en pesos del individuo a la venta en viveros (PUMAHUIDA; CREAPLANTAS)

| N. COMUN | END | R HID | CMA N | RPL A | POD A | VC RE | LO N | ALT -a (m) | FOL L | ECO NS | IN D | % AR | \$ IND | ALT -i (m) |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|-------|--------|------|------|--------|------------|
| Algarrobo | NAT | Medio | Medio | Bajo | NIN | Alta | Alta | 14 | CAD | VUL | 63 | 0,5 | 8500 | 1,7 |
| Aromo australiano | EXO | Medio | Medio | Medio | DEF | Alta | Alta | 20 | SVE | NLI | 269 | 2,1 | 12000 | 1,8 |
| Roble de Santiago | END | Medio | Medio | Medio | NIN | Baja | Alta | 25 | CAD | VUL | 2 | 0,0 | 6500 | 0,6 |
| Belloto del norte | END | Alto | Bajo | Medio | NIN | Baja | Alta | 25 | SVE | VUL | 125 | 1,0 | 12500 | 2-2,3 |
| Ceibo | EXO | Medio | Alto | Alto | DLI | Baja | Media | 10 | CAD | NLI | 103 | 0,8 | 5900 | 1 |
| Liquidámb ar | EXO | Alto | Medio | Medio | DEF | Media | Alta | 20 | CAD | NLI | 258 | 2,0 | 20000 | 2,5-3 |
| Palma chilena | END | Medio | Bajo | Alto | DLI | Baja | Muy alta | 30 | SVE | VUL | 14 | 0,1 | 68900 | 1,2-1,4 |
| Palmeras Phoenix | EXO | Medio | Bajo | Medio | DLI | Baja | Media | 19 | SVE | NLI | 50 | 0,4 | 52500 | 1,5 |
| Palmera Canarias | EXO | Medio | Bajo | Bajo | DLI | Media | Alta | 20 | SVE | NLI | 167 | 1,3 | 99500 | 2 |

La Tabla 14 compara las especies nativas en estado de conservación vulnerables con especies exóticas de requerimientos hídricos, de mantención, de plantación, de poda y velocidad de crecimiento similares. El algarrobo chileno (*Prosopis chilensis*) se compara con el aromo australiano, el cual tiene una abundancia relativa mayor (2,1 %), en comparación al algarrobo (0,5 %), si bien el algarrobo es caducifolio y el aromo australiano es siempre verde, el algarrobo no presenta requerimientos de poda y sus requerimientos de plantación son bajos en comparación a los requerimientos medios del aromo australiano, asimismo el costo de cada ejemplar es menor en los algarrobos, las demás variables son similares.

El roble de Santiago y el belloto del norte (vulnerables) se comparan con los ceibos y liquidámb ar, los requerimientos hídricos son medios para el ceibo y roble de Santiago y altos para el liquidámb ar y el belloto del norte. Las tasas de crecimiento son bajas para el roble de Santiago, belloto del norte y ceibo, siendo media para el liquidámb ar. A excepción

del belloto del norte (siempreverde), las demás especies son caducifolias. El roble de Santiago tiene costo de mantención medio y el belloto del norte bajo, el ceibo presenta un costo de mantención alto y el liquidámbar medio. Los requerimientos de plantación son medios, a excepción del ceibo que tiene un alto requerimiento de plantación. El liquidámbar y el ceibo tienen una abundancia relativa mayor (2,8%) en cuanto al belloto del norte y roble de Santiago (1,0 %). El costo de los ejemplares es relativamente similar, especialmente el roble de Santiago con el ceibo, en cambio el liquidámbar tiene un costo mayor que el belloto del norte por cada ejemplar, aunque su altura inicial no varía demasiado.

La palma chilena (vulnerable) presenta requerimientos hídricos medios similares a sus homologas palma Phoenix y palma Canarias, los costos de mantención son bajos para los tres tipos de palmeras, las velocidades de crecimiento son bajas para la palma chilena y la palma Phoenix y la palma Canarias tiene una tasa de crecimiento medio. Las tres especies son siempre verdes y tienen requerimientos de poda de limpieza. La palma chilena destaca por su altura máxima mayor (30 m) y su longevidad, en comparación a las otras palmeras que tienen una longevidad un poco menor y alturas máximas que promedian los 20 m. La abundancia relativa es mayor en las palmeras exóticas (1,7 %) en comparación al 0,1 % de la palma chilena. El costo de los ejemplares de palma chilena y Phoenix es relativamente similar, siendo ligeramente más costosa la palma chilena, la palma Canarias es la más costosa, siendo su valor casi el doble que las anteriores; la altura de los ejemplares iniciales es relativamente similar.

3.1.2.3 Adecuación biológica y variables ecológicas del componente vegetal

A continuación, la Tabla 15 presenta una síntesis de las principales variables de mantención y adecuación biológica de las especies arbóreas dominantes de los parques del PPU. Las especies más abundantes del PPU son *Platanus orientalis* var. *acerifolia* (14,1%) y *Quillaja saponaria* (13,8%) (Correa y de la Barrera, 2014). *Platanus orientalis* es la especie dominante de 6 parques del total de 15 (40 %) y *Quillaja saponaria* domina en 3 parques (20 %). El promedio de abundancia relativa por parque para *Platanus orientalis* es del 27 % y para *Quillaja saponaria* corresponde a un 40 %; cabe señalar que *Quillaja saponaria* domina en los PUN Cerros de Chena, Cerro Blanco y en el PUT Bicentenario de la

Infancia. *Platanus orientalis* domina principalmente en los PUT, a excepción del PUN Mapocho Poniente.

La flora perennifolia (siempreverde) alcanza un promedio de 43 % en los parques del PPU, siendo mayor en los PUN (51 %) que en los PUT (40 %), esto se debe a que la flora nativa tiene una mayor presencia en los PUN, que en los PUT. Los costos de mantención se desglosan en un 73 % que presenta costos de mantención medios y un 27 % que tiene costos de mantención bajos, no hay una diferencia en la distribución de estas especies en los PUN y PUT. El requerimiento hídrico corresponde a un 46 % de especies con requerimiento bajo y las especies de requerimiento medio y alto constituyen un 27 % respectivamente. Los PUT son heterogéneos en cuanto al requerimiento hídrico, existiendo parques con bajos requerimientos hídricos, medios y altos. Los PUN, en general, presentan un requerimiento hídrico bajo. Entre las especies exóticas de mayor requerimiento hídrico destacan los jacaranda, liquidámbar, acer, robles, entre otros; los árboles exóticos de bajo requerimiento hídrico predominan las parkinsonianas, algarrobos y plátanos orientales; los árboles nativos de bajo requerimiento hídrico destacan el quillay, maitén, pimientos y espinos; los nativos de alto requerimiento hídrico son pataguas, canelos y peumos (Correa y de la Barrera, 2014). Finalmente la adecuación biológica de las especies arbóreas se estructura de la siguiente manera: 66 % adecuación biológica alta, 21 % adecuación media y 13 % adecuación biológica baja. Los PUN presentan una adecuación mayoritariamente alta, a excepción del parque Mapocho Poniente que es regular. El 64 % de los PUT tiene una adecuación biológica alta, el 18 % presenta una adecuación biológica media (parques La Bandera y La Castrina) y el otro 18 % presenta una adecuación biológica baja (parques Mapuhue y André Jarlan). Para un detalle de los valores de cada parque revisar la Tabla 61 del anexo, las secciones correspondientes a las variables del componente vegetal y ecológico de cada parque del PPU analizados.

Tabla 15. Resumen de las principales variables de mantención y adecuación biológica de las especies arbóreas del PPU (Fuente: Elaboración propia). %A.R: Porcentaje de abundancia relativa; R.HID.: Requerimientos hídricos; CMAN: Costo de mantención; PODA: Tipo de poda requerida (NIN: Ninguna/DEF: De formación/DLI: De limpieza); RPLA: Requerimientos de plantación; %CES: Porcentaje de césped; % FNAT: Porcentaje de flora nativa; %FPER: Porcentaje de flora perennifolia; A.B.A: Adecuación biológica arbórea

| PARQUE | ESPECIE DOMINANTE | % A.R | RHI D | CMA N | POD A | RPLA | % CES | % FNAT | % FPER | A.B. A. |
|-----------------------|----------------------------|-------|---------|----------|---------|----------|-------|--------|--------|---------|
| André Jarlán | <i>Platanus orientalis</i> | 30 | Regular | Bajo | DLI | Alto | 67 | 17 | 30 | Baja |
| Bernardo Leighton | <i>Platanus orientalis</i> | 17 | Bajo | Regular | DFE-DLI | Bajo | 45 | 14 | 49 | Alta |
| Bicentenario infancia | <i>Quillaja saponaria</i> | 40 | Regular | Muy bajo | DLI | Muy bajo | 1 | 38 | 41 | Alta |
| La Bandera | <i>Platanus acerifolia</i> | 29 | Bajo | Regular | DLI | Bajo | 44 | 5 | 15 | Regular |
| La cañamera | <i>Maytemus boaria</i> | 14 | Bajo | Regular | DFE | Bajo | 1 | 44 | 28 | Alta |
| La castrina | <i>Schinus molle</i> | 27 | Regular | Regular | DFE | Bajo | 71 | 22 | 44 | Regular |
| Lo Varas | <i>Phoenix canariensis</i> | 20 | Alto | Bajo | DFE-DLI | Bajo | 49 | 9 | 57 | Alta |
| Mapuhue | <i>Platanus acerifolia</i> | 16 | Alto | Regular | DFE-DLI | Bajo | 42 | 5 | 28 | Baja |
| Quebrada Macúl | <i>Platanus acerifolia</i> | 24 | Alto | Regular | DFE-DLI | Bajo | 21 | 37 | 55 | Alta |
| Violeta Parra | <i>Ligustrum lucidum</i> | 20 | Bajo | Regular | DLI | Bajo | 49 | 15 | 38 | Alta |
| Peñalolén | <i>Celtis australis</i> | 15 | Alto | Bajo | DLI | Bajo | 16 | 43 | 53 | Alta |
| Cerro Blanco | <i>Quillaja saponaria</i> | 36 | Bajo | Regular | DLI | Muy bajo | 5 | 46 | 55 | Alta |
| Cerro Chena | <i>Quillaja saponaria</i> | 43 | Bajo | Regular | DEF | Bajo | 10 | 44 | 62 | Alta |
| Mahuidahue | <i>Acacia caven</i> | 26 | Bajo | Regular | DEF | Bajo | 4 | 33 | 53 | Alta |
| Mapocho poniente | <i>Platanus acerifolia</i> | 38 | Regular | Regular | DFE-DLI | Bajo | 12 | 23 | 35 | Regular |

3.1.3 Caracterización del componente arquitectónico

La Tabla 16 presenta una síntesis de los componentes arquitectónicos de los parques del PPU. El promedio de superficies blandas corresponde a 14.791 m² para los PUT, 5.627 m² para los PUN y 12.347 m² promedio para los parques del PPU, aquí se aprecia que los PUT tienen casi 3 veces más superficies blandas que los PUN y que la variabilidad del PPU es grande ya que abarca un rango mínimo desde 1.938 m² (Mahuidahue y Mapocho Poniente) hasta un máximo de 51.309 m² (La Bandera). Las superficies promedio de pavimentos duros corresponden aproximadamente a 1.700 m² tanto como para los PUT como para los PUN. La variabilidad abarca desde 500 m² (parque La Bandera) hasta 5.200 m² (parque

Peñalolén). La relación entre las superficies de pavimentos duros y blandos corresponde al 11 % en los PUT, lo que equivale a decir que solamente el 11 % de los pavimentos corresponde a pavimentos duros en relación a los blandos. En los PUN representa el 30 % y en promedio los parques del PPU representan un 14 %. La relación entre las superficies de pavimentos y la superficie total del parque corresponde a un 26 % en los PUT y un 3 % en los PUN, presentando un promedio del 20 % en el PPU, la variabilidad es grande ya que hay parques que tienen un 2 % de superficie de pavimentos (parque Cerro Blanco), hasta un 56 % (Parque La Bandera). Las superficies promedio de infraestructura alcanzan los 1.480 m² en los PUT y 1.800 m² en los PUN, siendo 1.565 m² el promedio del PPU. Las edificaciones tienen un promedio de 220 m² en los PUT y 163 m² en los PUN, siendo el promedio global del PPU 204 m² de edificaciones.

El mobiliario urbano presenta valores cercanos a las 150 unidades, siendo levemente mayor en los PUT que en los PUN, ahora la variabilidad es grande ya que abarca desde 40 unidades de mobiliario urbano (parque Lo Varas) hasta 344 unidades de mobiliario urbano (parque Bicentenario de la Infancia). Las unidades de juegos infantiles son mayores en los PUT (42 unidades) en relación a los PUN (18 unidades), siendo 36 unidades el promedio global del PPU. La variabilidad es muy grande pues abarca desde 6 unidades (parque La Cañamera) hasta 245 (parque Bicentenario de la Infancia). Finalmente, la densidad de mobiliario urbano total es 4 veces mayor en los PUT (40 unidades de mobiliario en cada hectárea) que los PUN (10 unidades de mobiliario en cada hectárea), siendo el promedio 32 unidades de mobiliario urbano en cada hectárea, sin embargo la variabilidad es muy grande ya que abarca desde 4 unidades de mobiliario en cada hectárea (parque Cerro Blanco), hasta 151 unidades de mobiliario urbano por cada hectárea (parque Bicentenario de la Infancia).

Tabla 16. Resumen de las características arquitectónicas principales de los parques del PPU

| Componentes arquitectónicos | PUT | PUN | PPU | MIN | MAX |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|
| Superficies promedio de pavimentos blandos (m ²) | 14.791 | 5.627 | 12.347 | 1.938 | 51.309 |
| Superficies promedio de pavimentos duros (m ²) | 1.703 | 1.686 | 1.699 | 500 | 5.200 |
| % de pavimentos duros – pavimentos blandos | 12 | 30 | 14 | - | - |
| Superficie promedio de infraestructura (m ²) | 1.480 | 1.800 | 1.565 | 500 | 2.575 |
| Superficie promedio de edificaciones (m ²) | 220 | 163 | 204 | 35 | 645 |
| % superficie pavimentos/superficie total | 26 | 3 | 20 | 2 | 56 |
| Total de unidades Mobiliario urbano | 157 | 143 | 153 | 40 | 344 |
| Total de unidades Juegos infantiles | 42 | 18 | 36 | 6 | 245 |
| Total de unidades mobiliario y juegos | 203 | 161 | 192 | 53 | 589 |
| Densidad de mobiliario urbano total por ha | 40 | 10 | 32 | 4 | 151 |

3.1.4 Análisis estadísticos descriptivos generales

El detalle de los costos de mantenimiento se resumen en la Tabla 17, allí se aprecia el tipo de parque, el costo de mantención mensual total al año 2012, costo de mantención mensual estandarizado por superficie al año 2012, superficie del parque, superficie de mantenimiento básico, superficie de mantenimiento intensivo, promedio de costo de mantenimiento mensual estandarizado por superficie, promedio de superficie y promedio del costo de mantención total mensual por subcategoría.

Tabla 17. Resumen de los costos de mantenimiento, superficie de mantención y promedio de costos de mantenimiento estandarizados por superficie para los parques del PPU en A.M.S.

| Parque | Tipo | c.m.t (\$) | c.m.s (\$/m ²) | Sup (ha) | Sup Bas (ha) | sup int (ha) | Nº Tra | x c.m.s (\$/m ²) | x. sup (ha) | x c.m.t (\$) |
|---------------------|------|------------|----------------------------|----------|--------------|--------------|--------|------------------------------|-------------|-------------------|
| C. Chena | NAT | 22.557.246 | 84 | 27 | 19,0 | 8,0 | 25 | | | |
| C.Blan. | NAT | 15.721.736 | 90 | 17,3 | 15,3 | 2,0 | 21 | 113 | 17,0 | 17.732.649 |
| Map. Pon. | NAT | 17.464.871 | 135 | 12,9 | 4,0 | 8,9 | 29 | | | |
| Mahuid. | NAT | 15.186.743 | 144 | 10,6 | 0,0 | 10,6 | 29 | | | |
| Bernardo Lei. | URB | 13.012.244 | 180 | 7,2 | 4,2 | 3,0 | 18 | | | |
| A. Jarlan | URB | 24.776.000 | 226 | 10,9 | 0,0 | 10,9 | 33 | | 8,3 | 18.486.716 |
| La Castrina | URB | 16.768.721 | 238 | 7 | 0,0 | 7,0 | 26 | 222 | | |
| Peñalolén | URB | 19.389.897 | 242 | 8 | 0,6 | 7,4 | 17 | | | |
| Mapuhue | URB | 17.192.056 | 302 | 5,7 | 0,0 | 5,7 | 18 | | | |
| La Cañamera | URB | 11.859.537 | 312 | 3,8 | 0,0 | 3,8 | 14 | 326 | 5,8 | 18.910.286 |
| La Band. | URB | 29.472.102 | 323 | 9,2 | 0,7 | 8,5 | 31 | | | |
| Q. Macul | URB | 16.844.635 | 366 | 4,6 | 4,1 | 0,5 | 17 | | | |
| V. Parra | URB | 14.519.229 | 581 | 2,5 | 1,8 | 0,8 | 13 | | | |
| Bic. Infancia | URB | 24.470.719 | 633 | 3,9 | 1,3 | 2,6 | 37 | 638 | 2,6 | 19.280.472 |
| Lo varas | URB | 18.851.469 | 700 | 1,4 | 0,5 | 0,9 | 9 | | | |
| Total urbano | | | | | | | | 373 | 5,8 | 18.857.220 |

La sigla tipo NAT equivale a la tipología de parque natural, la tipología URB corresponde al parque urbano tradicional; C.M.T. significa costo de mantención total mensual en pesos; C.M.S significa costo de mantención mensual estandarizado por superficie de m²; SUP significa superficie; SUP BAS significa superficie de mantenimiento básica; SUP INT significa superficie de mantenimiento intensiva; Nº Tra. Significa número total de trabajadores que se desempeñan en el parque incluyendo jardineros, guardias y supervisores; X C.M.S. significa costo promedio de mantenimiento mensual estandarizado por superficie; X.SUP significa promedio de superficie; X.C.M.T. significa costo promedio de mantenimiento total mensual.

La tabla anterior permite establecer que existen diferencias en los costos de mantenimiento mensual de los parques urbanos tradicionales (PUT) y los Parques urbanos naturales (PUN). Los PUT tienen un costo de mantención mensual promedio de \$373/m² en cambio los PUN asciende a \$113/m² siendo 3,3 veces más costosos los PUT. Sin embargo el costo de mantención total mensual es similar, los PUT promedian los 18,8 M\$ y los PUN 17,7M \$. Los PUT tienen una superficie promedio de 5,8 ha y los PUN de 17 ha, presentando una superficie 3,0 veces mayor los PUN. El porcentaje promedio de las áreas de mantención intensiva en los PUT es de 23,4 % de la superficie total, en cambio en los PUN es de 55,6 %, siendo 2,4 veces mayor las áreas de mantenimiento básico en los PUN. En cuanto a la mano de obra es posible señalar que los PUT tienen en promedio un total de 20 trabajadores y los PUN 26 trabajadores.

Asimismo, es posible agrupar en tres subcategorías los PUT de acuerdo con el tamaño y los costos de mantenimiento mensual, de este modo los parques Bernardo Leighton, André Jarlán, La Castrina y Peñalolén se pueden agrupar como PUT₁ pues presentan un costo promedio de mantenimiento mensual de \$ 222/m² y su superficie es de 8,3 ha. Los parques Mapuhue, La Cañamera, La Bandera y Quebrada Macul corresponden a PUT₂ lo que implica que tienen una superficie promedio menor de 5,8 ha y un costo de mantenimiento mayor de \$ 326/m². Los parques urbanos Violeta Parra, Bicentenario de la infancia y Lo Varas tienen el menor tamaño promedio de 2,6 ha y los mayores costos de mantenimiento promedio de \$ 638/m², por lo que se pueden agrupar como PUT₃.

Las categorías PUN y PUT de costos de mantención y superficies se corroboraron mediante la prueba de Student para muestras independientes, con la finalidad de establecer diferencias entre las varianzas de las medias de los PUN y PUT, en donde efectivamente se comprobó que hay diferencias significativas entre las varianzas de las medias de las categorías analizadas ya que arrojó un p valor de 0,015, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula de que existe una igualdad en las varianzas de las medias con un nivel de significancia del 0,05. Para las subcategorías de PUT se aplicó un test de Student para una muestra considerando la media de \$373/m², para el caso de PUT₁ el test arrojó un p valor de 0,02 lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas y establecer que si existen diferencias significativas de PUT₁ en relación a PUT. El mismo procedimiento se repitió para PUT₂ y PUT₃ arrojando p valores de 0,043 y 0,016 respectivamente, lo que permite rechazar la igualdad de varianzas entre las medias de estas subcategorías y establecer con un nivel de significancia del 0,05 que si existen diferencias entre las varianzas de las medias de las subcategorías de PUT.

Este análisis se complementará con un análisis de conglomerados K- medias para determinar la robustez de esta clasificación preliminar.

3.1.5 Análisis multivariados de los costos de mantenimiento en función del tipo de diseño de los parques

3.1.5.1 Análisis de conglomerados k-medias, categorías de clasificación parques PPU

La Tabla 18 muestra la identidad de los parques y los conglomerados en que fueron agrupados de acuerdo a las variables anteriores; es posible notar que los PUN se agruparon en el conglomerado 4; los parques agrupados anteriormente como PUT₁ se corresponden con los parques agrupados en el conglomerado 2 (André Jarlan; Bernardo Leighton; La Castrina y Peñalolén); los parques agrupados preliminarmente como PUT₂ (Mapuhue, La Bandera, Quebrada Macúl y La Cañamera) se corresponden con el conglomerado 5; finalmente los parques urbanos agrupados preliminarmente como PUT₃ (Violeta Parra, Lo Varas y Bicentenario de la Infancia) fueron parcialmente agrupados en los conglomerados 1 (Violeta Parra y Lo Varas) y conglomerado 3 (Bicentenario de la Infancia).

Tabla 18. Pertenencia y clasificación de los conglomerados k medias de los parques del PPU

| Parques | Tipología | Clasificación | Distancia | Conglomerado |
|-----------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------|
| Lo Varas | PUT | Tradicional C4 | 60,2 | 1 |
| Violeta Parra | PUT | Tradicional C4 | 60,2 | 1 |
| André Jarlan | PUT | Tradicional C2 | 33,1 | 2 |
| Bernardo Leighton | PUT | Tradicional C2 | 43,1 | 2 |
| La Castrina | PUT | Tradicional C2 | 33,1 | 2 |
| Peñalolén | PUT | Tradicional C2 | 47,1 | 2 |
| Bicentenario de la Infancia | PUT | Tradicional C4 | 0,0 | 3 |
| Cerro Blanco | PUN | Natural C1 | 39,7 | 4 |
| Cerro Chena | PUN | Natural C1 | 35,1 | 4 |
| Mahuidahue | PUN | Natural C1 | 39,8 | 4 |
| Mapocho poniente | PUN | Natural C1 | 32,2 | 4 |
| La Bandera | PUT | Tradicional C3 | 40,1 | 5 |
| La Cañamera | PUT | Tradicional C3 | 55,6 | 5 |
| Mapuhue | PUT | Tradicional C3 | 33,8 | 5 |
| Quebrada Macul | PUT | Tradicional C3 | 46,3 | 5 |

La distancia entre los conglomerados se puede apreciar en la Tabla 19 en donde los PUN (conglomerado 4) tienen una distancia mayor con los PUT₃ (conglomerado 1 y 3) y una distancia menor con el PUT₁ (conglomerado 2); El PUT₁ (conglomerado 2) es el más cercano con PUT₂ (conglomerado 5). Esto nos muestra que los PUN son más cercanos con

los parques PUT₁ que tienen una superficie mayor entre los PUT y un costo de mantención unitario menor, asimismo la mayor distancia es con el subgrupo PUT₃, que corresponde a los conglomerados 1 y 3, siendo los parques con menor superficie y mayor costo de mantención unitaria.

Tabla 19. Distancias entre los centros de los conglomerados finales

| Conglomerado | 1-PUT ₃ | 2-PUT ₁ | 3-PUT ₃ | 4-PUN | 5-PUT ₂ |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1-PUT ₃ | | 419,5 | 126,1 | 533,7 | 316,2 |
| 2-PUT ₁ | 419,5 | | 433,8 | 130,8 | 108,7 |
| 3-PUT ₃ | 126,1 | 433,8 | | 540,2 | 335,6 |
| 4-PUN | 533,7 | 130,8 | 540,2 | | 219,8 |
| 5-PUT ₂ | 316,2 | 108,7 | 335,6 | 219,8 | |

Las distancias de los centros finales de los conglomerados también siguen el patrón de la distancia de los centros de las variables (Tabla 20). Se aprecia que en el porcentaje de césped los PUN (conglomerado 4) son más próximos con los PUT₂ (conglomerado 5) y el conglomerado 3. Los costos de mantención unitarios son más cercanos entre los PUN (conglomerado 4) y el PUT₁ (conglomerado 2), siendo el más lejano PUT₃ (conglomerados 1 y 3). En cuanto a los árboles exóticos hay menos diferencia entre los centros de los conglomerados, siendo relativamente similares a excepción del conglomerado 3 (parque Bicentenario de la Infancia) que marca una diferencia con los otros parques. La mantención intensiva también presenta centros similares, a excepción de los PUN (conglomerado 4) que disminuye su valor aproximadamente a la mitad de los demás PUT. La superficie de pavimentos y el porcentaje de infraestructura presenta un patrón similar en donde los PUN (conglomerado 4) tienen un valor menor. La densidad de mobiliario urbano es menor en los PUN (conglomerado 4) y mayor en los PUT₃, especialmente en el conglomerado 3 (parque Bicentenario de la Infancia). Finalmente, cabe mencionar que todos los conglomerados son estadísticamente significativos a la prueba de ANOVA que arroja el software (p valor <0,05).

Tabla 20. Resumen de los centros finales de los conglomerados y su nivel de significancia estadística al 0,05

| Variables | Conglomerados | | | | | p (0,05) |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|---------------------|----------|
| | 1- PUT ₃ | 2- PUT ₁ | 3- PUT ₃ | 4- PUN | 5- PUT ₂ | |
| Costo mantención unitario | 640,5 | 221,5 | 633,0 | 113,2 | 326,2 | 0,00 |
| % de césped | 48,9 | 49,9 | 1,2 | 7,5 | 27,0 | 0,02 |
| % de árboles exóticos | 38,3 | 30,2 | 14,9 | 38,9 | 38,9 | 0,04 |
| % Mantención intensiva | 100 | 96,0 | 69,0 | 43,0 | 84,0 | 0,03 |
| % Superficie de pavimentos | 30,0 | 22,7 | 18,5 | 3,35 | 30,4 | 0,00 |
| Densidad de mobiliario urbano | 43,2 | 28,0 | 152,3 | 10,45 | 22,1 | 0,00 |
| % de infraestructura | 9,6 | 1,4 | 6,7 | 1,18 | 2,6 | 0,00 |

3.1.5.2 *Análisis factorial de componentes principales variables generales, arquitectónicas y vegetales de los parques del PPU*

La Tabla 21 resume los resultados del PCA, en donde se pueden apreciar las variables y los valores de los componentes extraídos en dos ejes (para facilitar el análisis visual), estos dos componentes principales (eje 1 y 2) explican el 67 % de la varianza, el valor de KMO es superior a 0,5 (0,61) y el valor de Barlett tiene una significancia estadística inferior a 0,05, por lo que se considera que el PCA cumple con los requisitos estadísticos para ser considerado un análisis válido de reducción de dimensiones.

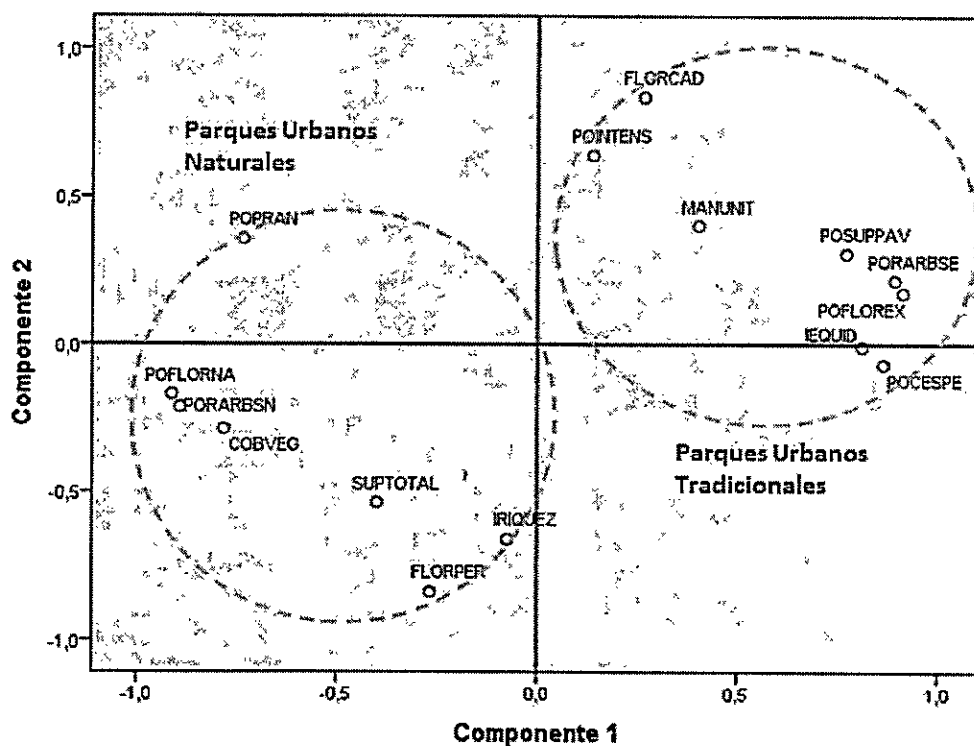
La componente 1 agrupa las variables (marcadas en negritas) de porcentaje de flora exótica, porcentaje de árboles exóticos, porcentaje de superficie de césped, índice de equidad arbórea, porcentaje superficie de pavimentos y costos de mantenimiento unitario mensual, que equivalen a los mayores valores presentes en los PUT, por lo que el factor de la componente 1 agrupa las variables más relevantes para los PUT. Por el contrario, la componente 2 agrupa las variables de porcentaje de flora perennifolia, índice de riqueza de especies arbóreas, superficie total, cobertura vegetal y porcentaje de árboles y arbustos nativos, variables que tienen mayor incidencia en los PUN. La Figura 11 ilustra lo anterior en un espacio rotado con las 2 componentes, los círculos segmentados encierran las variables de los PUT destacadas por la componente 1 y las variables de la componente 2 destacadas en los PUN.

Tabla 21. Resumen del análisis de componentes principales para las variables ecológicas y de diseño vegetal de los parques del PPU.

| Variable | Comp. 1 | Comp. 2 | Variable | % Varianza explicada | KMO | Bartlett (p 0,05) |
|-----------------|--------------|---------------|-----------------|----------------------|------|-------------------|
| POFLOREX | 0,912 | 0,837 | FLORCAD | 67,0 | 0,61 | 0,00 |
| PORARBSE | 0,892 | 0,640 | POINTENS | | | |
| POCESPE | 0,864 | 0,401 | MANUNIT | | | |
| IEQUID | 0,811 | 0,356 | POPAN | | | |
| POSUPPAV | 0,771 | 0,306 | POSUPPAV | | | |
| MANUNIT | 0,402 | 0,214 | PORARBSE | | | |
| FLORCAD | 0,267 | 0,171 | POFLOREX | | | |
| POINTENS | 0,139 | -0,009 | IEQUID | | | |
| IRIQUEZ | -0,074 | -0,070 | POCESPE | | | |
| FLORPER | -0,267 | -0,171 | POFLORNA | | | |
| SUPTOTAL | -0,400 | -0,214 | PORARBSN | | | |
| POPAN | -0,733 | -0,289 | COBVEG | | | |
| COBVEG | -0,783 | -0,538 | SUPTOTAL | | | |
| PORARBSN | -0,892 | -0,660 | IRIQUEZ | | | |
| POFLORNA | -0,912 | -0,837 | FLORPER | | | |

Nota: Se marcaron en negrita las variables con mayor ponderación para los componentes principales.

Figura 11. Gráfico de los componentes principales de las variables ecológicas y de diseño vegetal representados en el espacio rotado, los círculos segmentados señalan las variables más cercanas de los componentes asociados a las tipologías de parque urbano tradicional y natural



3.1.6 Estructura de los costos de mantenimiento

La estructura de costos se construyó a partir de la distribución porcentual de los costos asociados a las distintas labores de mantenimiento mensual y consumos efectuados por los parques del PPU. El desglose se realiza en diversos ítems detallados en las partidas de mantenimiento de las licitaciones del PPU. La Figura 12 muestra la estructura general de los gastos de mantenimiento de los parques urbanos y su respectivo porcentaje, siguiendo la caracterización propuesta en MINVU (2012), que desglosa los costos a nivel general en labores permanentes, ocasionales y estacionales. La estructura de costos del año 2012 se distribuye en 80 % correspondiente a las labores permanentes, 10 % corresponden a las labores estacionales y el otro 10% recaen en las labores ocasionales. Las labores permanentes se pueden desglosar consecutivamente en los ítems de seguridad privada correspondientes a un 23 % del total, consumos básicos (agua, electricidad y teléfono), utilidades y gastos generales equivalentes al 12 %; la mantención del componente vegetal (mantenimiento del césped, árboles, flores, praderas, etc.) corresponde al 27 % del mantenimiento total; y la mantención del componente arquitectónico (superficies duras y blandas, infraestructura y mobiliario del parque principalmente) alcanza el 18 % del total.

Figura 12. Estructura de costos desglosada en ítems generales para el año 2012



La estructura de costos no ha variado demasiado en los periodos 2000-2012, ya que los gastos en mantención de áreas verdes el año 2000 (informado por PULSO (2002)) y el año 2012 (mantención vegetal) son similares alcanzando un 27% del gasto total de mantención. Sin embargo, el año 2000 no incluye el riego dentro de las labores de mantención de áreas

verdes y le asigna un porcentaje propio del 9 %; los consumos básicos inicialmente el año 2000 representan un 14 % y al año 2012 decrecen a un 12 %; el gasto en seguridad privada equivalía al 27% el año 2000 y disminuyó al 22 % el año 2012; los gastos en mantenciones arquitectónicas y aseo conjuntamente representan el 23 % el año 2000 y el año 2012 disminuyen al 19%. Finalmente las labores ocasionales, e.g. de reposición de mobiliario y reparaciones, corresponden un 10 % el 2012 y las labores estacionales, tales como fertilizaciones, podas y pinturas de infraestructura, también equivalen al 10 % de los costos.

Tabla 22. Estructura de costos detallada de las labores de mantenimiento y sus respectivos porcentajes que integran el mantenimiento general y vegetal al año 2012

| Mantenimiento general | | Mantenimiento vegetal | |
|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Labor | % | Labor | % |
| Manejo de pavimentos duros | 3,5 | Mantenimiento césped | 32,8 |
| Manejo de pavimentos blandos | 5,4 | Mantenimiento árboles y arbustos | 15,3 |
| Aseo y limpieza | 29,6 | Mantenimiento cubresuelos | 6,3 |
| Mobiliario urbano | 8,8 | Mantenimiento Pradera natural | 8,1 |
| Manejo juegos infantiles | 3,9 | Riego | 18,3 |
| Manejo juegos deportivos | 3,2 | Binazón del suelo | 5,1 |
| Manejo infraestructura | 9,7 | Control de plagas | 4,3 |
| Sistemas riego- eléctrico | 13,9 | Control de Malezas | 3,0 |
| Otros mantenimientos específicos | 13,5 | Compostaje | 3,1 |
| Informes, monitoreo | 3,3 | Podas de mantención | 1,2 |
| Reposición pavimentos blandos | 6,4 | Fertilización | 4,0 |
| Pintura edificaciones general | 6,7 | Otras mantenciones | 18,4 |
| Pinturas mobiliario general | 5,3 | - | - |
| Manejo Edificaciones | 6,3 | - | - |

La Tabla 22 muestra las labores específicas que componen el mantenimiento vegetal y arquitectónico, con sus respectivos porcentajes. Las principales labores de mantenimiento general corresponden al aseo y limpieza del mobiliario, superficies e infraestructura del parque con un 29,6 %, le siguen las labores de mantención de los sistemas de riego-eléctrico con un 13,9 % y otros mantenimientos específicos, que incluyen insumos, herramientas y equipos, alcanzando un 13,5%. En contraposición, el manejo de juegos

deportivos, superficies duras y los informes de monitoreo son las labores con menor costo, no sobrepasando el 3,5 % cada una de ellas.

En tanto a las labores de mantención vegetal el manejo del césped es la labor más onerosa alcanzando un 32,8 % del gasto de mantenimiento vegetal, seguido por el riego y otras mantenciones 18,3% y 18,4 % respectivamente, y mantención de árboles y arbustos con un 15,3%. Las labores menos costosas son las podas de mantención con un porcentaje de 1,2%, el control de malezas 3,0 % y el compostaje 3,1%. La labor de limpieza y aseo equivale al 6 % del gasto total de mantención y la labor de mantención del césped corresponde al 9 % del gasto total de un parque.

La Tabla 23 muestra la composición detallada de los porcentajes de gastos para las principales labores de mantenimiento general y vegetal. En el caso de mantención general la labor de aseo y limpieza, que es la más onerosa del ítem, se descompone en un 71,2 % mano de obra y 28,8 % de equipos y herramientas; en general, se puede apreciar que la mano de obra es el principal costo de las labores de mantenimiento general ya sea el caso del manejo de pavimentos, mobiliario urbano e infraestructura con porcentajes aproximados al 40 %, el resto se reparte entre los equipos e insumos, con porcentajes aproximados al 25 % y 35 % respectivamente.

La mantención vegetal sigue patrones similares siendo el manejo de césped la labor más costosa y el principal costo es el corte de césped con un 47,4 %, que a su vez se subdivide en un 62,6 % mano de obra y un 37,4 % correspondiente a los equipos y herramientas para cortar el césped, luego le sigue el orillado del césped con un 24,6 % (en algunas licitaciones el corte y orillado del césped se incluyen en una sola categoría), la reposición del césped, que generalmente se hace en formato carpeta, alcanza un 17,3 % y finalmente la labor de aireación corresponde al 10,7 %. Las labores de riego y manejo de arbustos también presentan un desglose similar en donde aproximadamente el 60 % corresponde a mano de obra y el otro 40 % restante se subdivide en insumos y equipos-herramientas.

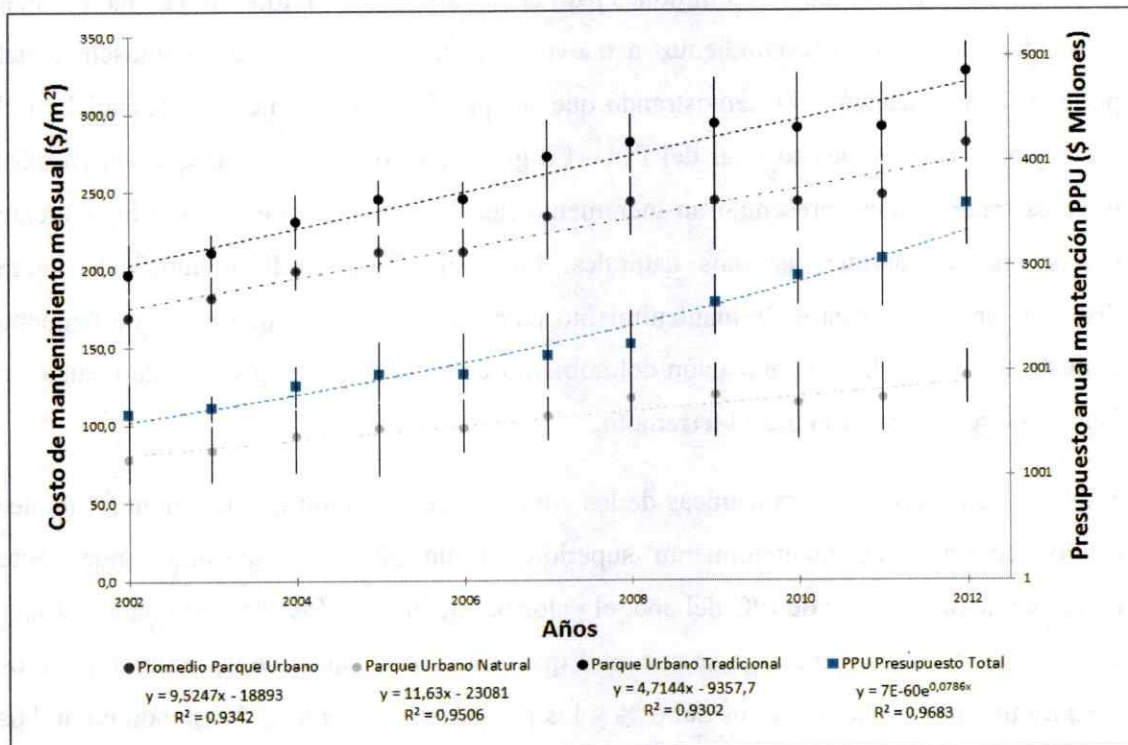
Tabla 23. Desglose detallado de los costos de mantenimiento de las principales labores de mantención general y vegetal (Fuente: Elaboración propia)

| Mantención general | | Mantención vegetal | |
|----------------------------------|------|---------------------------|------|
| Labor | % | Labor | % |
| Aseo y Limpieza | | Mantención césped | |
| Mano de obra | 71,2 | Corte | 47,4 |
| Equipos y herramientas | 28,8 | Mano de obra | 62,6 |
| Manejo de Pavimentos | | Equipos y herramientas | 37,4 |
| Mano de obra | 37,4 | Orillado | 24,6 |
| Equipos | 29,4 | Reposición | 17,3 |
| Insumos | 33,2 | Aireación | 10,7 |
| Pavimentos blandos | 52,8 | Riego | |
| Pavimentos duros | 47,2 | Mano de obra | 60,2 |
| Mobiliario urbano | | Equipos y herramientas | 39,8 |
| Mano de obra | 38,7 | Árboles y arbustos | |
| Equipos | 28,7 | Mano de obra | 53,0 |
| Insumos | 32,6 | Equipos | 24,4 |
| Manejo de infraestructura | | Insumos | 22,6 |
| Mano de obra | 44,2 | Plantación | 34,0 |
| Equipos | 18,4 | Extracción | 22,8 |
| Insumos | 37,4 | Tutores | 17,0 |
| - | | Podas | 26,2 |

3.1.7 Evolución temporal de los costos de mantenimiento

MINVU (2012) ha señalado que los costos de mantención anuales acumulados de un parque urbano tradicional, en el transcurso de 5 años alcanzan el monto inicial de inversión, existiendo un incremento sostenido anualmente. La Figura 13 grafica lo anterior para un periodo comprendido entre el 2002-2012. Para el caso del parque urbano tradicional la primera recta (desde arriba hacia abajo) con puntos negros presenta la evolución de los costos de mantenimiento unitarios, donde se ha aprecia que ha existido un incremento anual lineal del valor promedio inicial (2002) de \$196/m² al valor promedio final (2012) \$326/m², lo que equivale a un incremento del 65 % de los costos de mantenimiento en la década de estudio. El coeficiente de correlación de Pearson (R^2) arrojó un valor de 0,95, por lo que existe una fuerte tendencia al incremento lineal en los parques urbanos tradicionales.

Figura 13. Evolución histórica de los costos de mantenimiento anuales de los parques urbanos del PPU para la década del 2002-2012 (Fuente: Elaboración propia)



El promedio de los costos de mantenimiento unitarios de los parques urbanos del PPU, se representan en la recta de puntos grises inferior a la recta de los parques tradicionales (PUT), como se puede apreciar el promedio de todos los parques del PPU (Incluyendo tradicionales y naturales) siguen una tendencia muy similar a la anterior incrementándose en un 60% para la década. El coeficiente de correlación de Pearson (R^2) arrojó un valor de 0,93, por lo que existe una fuerte tendencia al incremento lineal en el promedio total de parques urbanos. La tendencia de los parques urbanos naturales (PUN) está representada por la última recta de color gris claro que ilustra que los costos de mantenimiento unitarios son menores a los del parque urbano tradicional y que su incremento también resultó menor correspondiendo a un 46 %. El R^2 arrojó un valor de 0,95 por lo que se puede afirmar que existe un incremento lineal en los costos de mantención anual para los parques urbanos naturales.

La tercera recta graficada con cuadrados azules muestra la tendencia del presupuesto anual total del PPU, en millones de pesos, para el periodo de estudio se puede apreciar un

incremento exponencial desde 1.580 millones de pesos el año 2002, para un total de 91 ha de parques urbanos, hasta 3.575 millones para el año 2012, con un total de 154 ha, es decir se añadieron 63 ha correspondientes a nuevos parques construidos en el transcurso del periodo. El R^2 alcanzó 0,97 demostrando que es apropiada la tendencia exponencial en el incremento del presupuesto total del PPU. En general se puede concluir que los parques urbanos tradicionales presentan un incremento lineal sostenido en el tiempo ligeramente mayor que los parques urbanos naturales. Entre el año 2010-2011 hubo una ligera disminución en los costos de mantenimiento para ambos tipos de parques, este pequeño reajuste se debió a la reorganización del gobierno entrante y a la asignación de recursos a labores de reconstrucción tras el terremoto.

MINVU señala en las bases técnicas de los contratos de licitación que los montos anuales en los contratos de mantenimiento superiores a un año se reajustaran anualmente correspondiente al valor de IPC del año, el valor promedio para los años estudiados (2002-2012) es de 2,7 %, sin embargo se encontró que el promedio anual de incremento para los parques urbanos tradicionales es del 6 % y los parques naturales un 5 %, siendo en ambos casos casi el doble del promedio de IPC. Las empresas de mantenimiento tienen utilidades declaradas cercanas al 7,8 % del costo total de la licitación para las labores de mantenimiento permanente, para las labores estacionales y ocasionales las utilidades asciende al 9,8%. La Tabla 62 (véase anexo) detalla el incremento sobre los valores promedio para el desglose detallado de costos de mantenimiento unitarios mensuales tanto en parques urbanos tradicionales como naturales.

De la Tabla 62 (en anexo) es posible destacar que existe una gran heterogeneidad entre los costos de mantenimiento unitarios promedios por labor específica y el promedio de los porcentajes de incremento de una licitación a otra, tanto para parques urbanos tradicionales como naturales, por ejemplo el mantenimiento de cubresuelos presenta una disminución del 148 % y el mantenimiento del sistema eléctrico se incrementa en 203 % para los PUT, en los PUN también se presenta esta gran heterogeneidad, ya que por ejemplo las labores de mantenimiento de praderas naturales disminuyen en un 103 % y las labores de aseo se incrementan en un 493%.

Se presentan los valores promedios para múltiples labores de mantenimiento, en conjunto con el valor promedio general y la diferencia entre el costo de la labor en PUT/PUN. El costo de mantenimiento unitario mensual tiene un valor promedio de \$373/m² en los PUT y un valor de \$114/m² en los PUN, siendo 3,3 veces superior en un PUT a diferencia de los PUN; las labores permanentes en los PUT tienen un valor promedio unitario de \$289/m² y en los PUN el valor corresponde a \$89/m², siendo también 3,3 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; las labores de seguridad en los PUT tienen un valor promedio unitario de \$77/m² y en los PUN el valor corresponde a \$26/m², siendo también 2,9 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; la mantención vegetal en los PUT tiene un valor promedio unitario de \$89/m² y en los PUN el valor corresponde a \$28/m², siendo también 3,2 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; el mantenimiento del césped en los PUT tiene un valor promedio unitario de \$393/m² y en los PUN el valor corresponde a \$169/m², siendo también 2,3 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; la mantención general en los PUT tiene un valor promedio unitario de \$93/m² y en los PUN el valor corresponde a \$22/m², siendo también 4,2 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; las labores de aseo y limpieza en los PUT tienen un valor promedio unitario de \$34/m² y en los PUN el valor corresponde a \$8/m², siendo también 4,4 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; las labores estacionales en los PUT tienen un valor promedio unitario de \$23/m² y en los PUN el valor corresponde a \$9/m², siendo también 2,6 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; las labores ocasionales en los PUT tienen un valor promedio unitario de \$32/m² y en los PUN el valor corresponde a \$12/m², siendo también 2,7 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN; la plantación de árboles en los PUT tiene un valor promedio de \$40.456/unidad árbol y en los PUN el valor corresponde a \$23.347/unidad árbol¹, siendo también 1,7 veces superior la relación del valor en un PUT sobre un PUN.

En lo concerniente a los incrementos, se puede apreciar que el costo de mantenimiento mensual unitario presenta un incremento del 65 % en los PUT, en comparación a los PUN que presentan un incremento del 46 %; las labores permanentes presentan un incremento del 33% en PUT y 19 % en PUN; las labores de seguridad se incrementan en un 29 % en PUT y 37 % en PUN; la mantención vegetal presenta un incremento del 27 % en PUT y un

37 % en los PUN; el mantenimiento del césped presenta un incremento del 48 % en PUT y un 20 % en los PUN; la mantención general exhibe una disminución del 15% en PUT y un incremento del 37 % en PUN; las labores de aseo y limpieza presentan una disminución del 33 % en PUT y un incremento de 493 % en PUN; las labores estacionales presentan una disminución del 32 % en PUT y una disminución del 26% en PUN; las labores ocasionales presentan una disminución del 12% en PUT y un incremento del 6% en PUN; la plantación de árboles tiene un incremento del 18 % en PUT y un 112 % en PUN.

3.1.8 Análisis de correlaciones parciales de los costos de mantenimiento

3.1.8.1 Correlaciones de variables generales

Los resultados del análisis de correlaciones de Pearson (para las variables cuantitativas) y análisis de rho de Spearman (para las variables cualitativas), en conjunto con los coeficientes de determinación (R^2) se pueden apreciar en la Tabla 24 y en los gráficos de dispersión de la Figura 14. En el caso de los costos de mantención total mensual las principales variables que influenciaron moderada y positivamente fueron la mano de obra total (n° de guardías y jardineros), el n° de jardineros y las superficies de mantenimiento intensivo. Variables como la superficie o el índice de vulnerabilidad sociodelictual de la comuna de emplazamiento, tuvieron una tendencia muy débil y no fueron estadísticamente significativas. Sin embargo, cabe destacar que la variable años de escolaridad de la comuna de emplazamiento del parque, presentó una tendencia débil que afectó negativamente los costos de mantenimiento, es decir que a mayor cantidad de años de escolaridad comunal menores son los costos de mantenimiento mensual.

La mantención unitaria mensual (variable dependiente) se correlacionó fuertemente y de manera negativa con la superficie total y con la mano de obra unitaria, esto quiere decir que a mayor superficie total menor costo de mantenimiento unitario y a mayor mano de obra unitaria menor costo de mantenimiento unitario mensual del parque; variables como la mano de obra total y superficies de mantenimiento intensivo presentaron correlaciones débiles, y las variables de caracterización socioeconómica no afectaron de manera determinada al costo de mantenimiento unitario.

Los costos de mantenimiento de seguridad mensual se vieron afectados positiva y fuertemente por el n° de mobiliario urbano total, es decir que a mayor cantidad de mobiliario mayores costos de seguridad mensual; el costo de seguridad fue influenciado moderada y positivamente por la dotación de personal (n° de guardias) y la densidad poblacional comunal, es decir que a mayor cantidad de guardias y a mayor densidad poblacional comunal, mayores serán los costos de mantenimiento en seguridad. La variable superficie influencia positiva y débilmente los costos de seguridad, siendo no estadísticamente significativa. Las variables de caracterización socioeconómica de los habitantes de la comuna de emplazamiento, presentaron relaciones débiles e indeterminadas con los costos de seguridad, como la tasa delictual comunal y la percepción de inseguridad comunal que influenciaron positiva y débilmente los costos de seguridad, no siendo significativos en la mayoría de los casos. Otras variables de este ítem, como la percepción de inseguridad de las áreas verdes comunales tuvieron una tendencia débil y negativa sobre el costo de seguridad, pero no fueron estadísticamente significativas, patrón similar sucedió con los años de escolaridad.

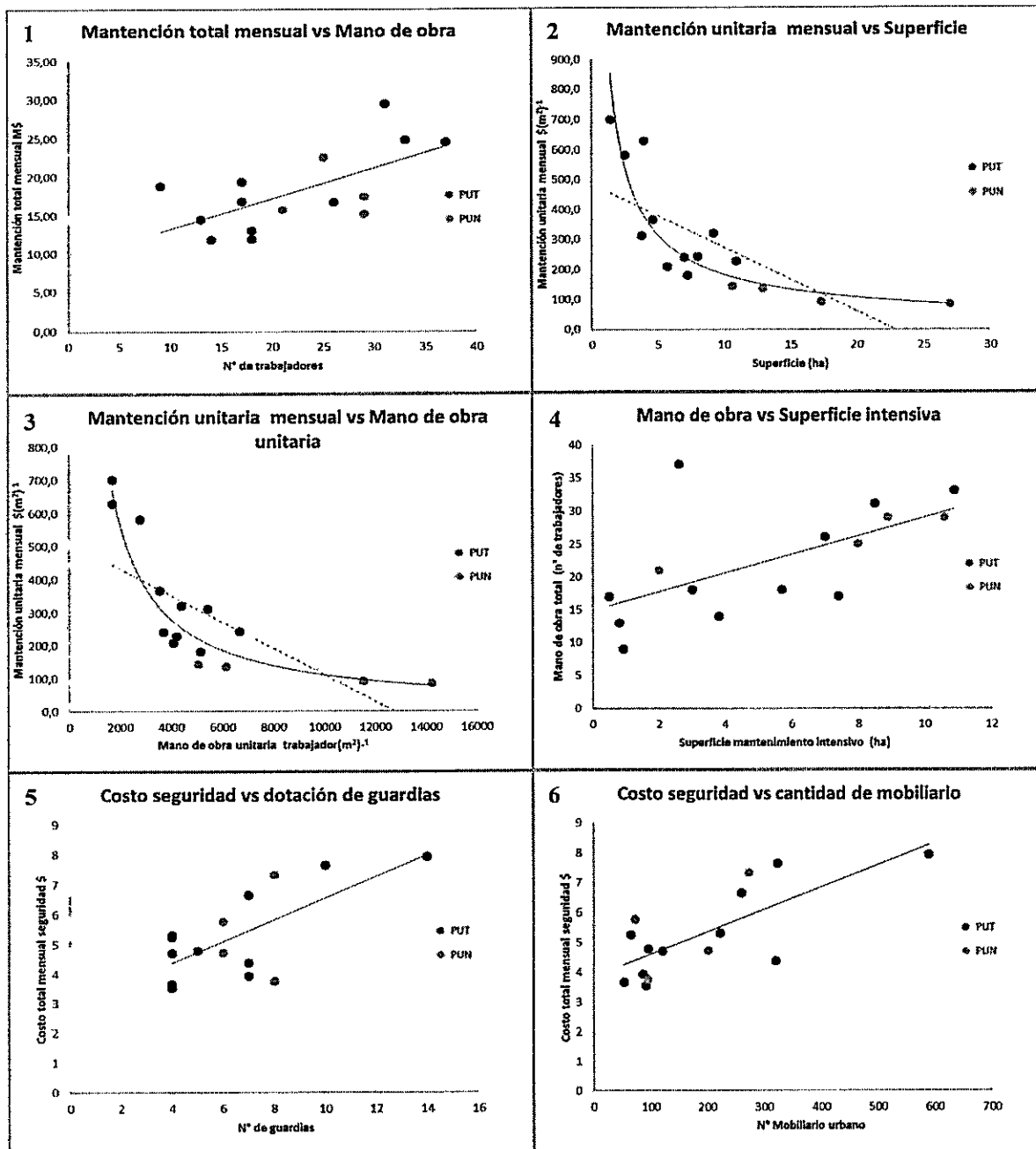
Los gráficos de la Figura 14 ilustran las principales tendencias mostradas en la tabla anterior, el gráfico 1 muestra la relación entre el costo de mantenimiento total mensual y la mano de obra, como se aprecia sigue una tendencia lineal aunque con un grado no menor de dispersión ($R^2:0,39$); el gráfico 2 muestra la correlación entre los costos de mantenimiento unitarios y la superficie del parque, aquí se exhibe que la recta que mejor se ajusta no necesariamente es la lineal, sino más bien una curva exponencial que muestra como disminuyen los costos de mantenimiento unitaria a medida que aumenta la superficie (R^2 lineal: 0,55; R^2 exponencial: 0,89). La gráfica 3 correlaciona el costo de mantenimiento unitario con la mano de obra unitaria, al igual que el gráfico anterior la curva exponencial se ajusta mejor que la tendencia lineal, ya que al aumentar la mano de obra unitaria decaen exponencialmente los costos de mantenimiento unitarios (R^2 lineal: 0,53; R^2 exponencial: 0,76). El gráfico 4 correlaciona la mano de obra y las superficies intensivas, es decir que a mayor cantidad de superficies intensivas aumenta de manera lineal la mano de obra ($R^2:0,39$). Finalmente los gráficos 5 y 6 correlacionan los costos de seguridad mensual con la dotación de personal (n° de guardias) y la cantidad de mobiliario total, para el gráfico 5 los costos de seguridad aumentan linealmente en la medida que se incrementa el n° de

guardias ($R^2: 0,47$), y en el gráfico 6 los costos de seguridad se incrementan linealmente a medida que aumenta el mobiliario urbano total ($R^2: 0,54$).

Tabla 24. Síntesis de correlaciones de Pearson para variables generales asociadas a la mantención.

| Variables | R | R ² | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|---|-------|----------------|----------|-----|---------------|
| Mantención total mensual (Y) | | | | | |
| Superficie | 0,24 | 0,06 | 0,40 | NO | Débil + |
| n ° jardineros | 0,59 | 0,35 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Mano de obra total (jardineros y guardias) | 0,63 | 0,39 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Superficie de mantenimiento intensivo | 0,40 | 0,16 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Porcentaje de mantenimiento intensivo | 0,20 | 0,04 | 0,47 | NO | Débil + |
| Costo de construcción | 0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil + |
| Tasa delictual comunal | -0,06 | 0,00 | 0,83 | NO | Indeterminada |
| Densidad Poblacional comunal | 0,08 | 0,01 | 0,78 | NO | Indeterminada |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,37 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil - |
| Índice de vulnerabilidad social-delictual comunal | 0,14 | 0,02 | 0,63 | NO | Débil + |
| Mantención unitaria mensual (Y) | | | | | |
| Superficie | -0,74 | 0,55 | 0,00 | SI | Fuerte - |
| N ° jardineros | -0,41 | 0,17 | 0,13 | SI | Moderada - |
| Mano de obra total (jardineros y guardias) | -0,27 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil - |
| Mano de obra unitaria | -0,73 | 0,53 | 0,00 | SI | Fuerte - |
| Superficie de mantenimiento intensivo | -0,60 | 0,36 | 0,02 | SI | Moderada - |
| Porcentaje de mantenimiento intensivo | -0,03 | 0,00 | 0,93 | NO | Indeterminada |
| Costo de construcción | 0,27 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil + |
| Tasa delictual comunal | -0,13 | 0,02 | 0,66 | NO | Indeterminada |
| Densidad Poblacional comunal | 0,14 | 0,02 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| Promedio años de escolaridad comunal | 0,02 | 0,00 | 0,95 | NO | Indeterminada |
| Índice de vulnerabilidad social-delictual comunal | -0,01 | 0,00 | 0,96 | NO | Indeterminada |
| Costo mensual seguridad (Y) | | | | | |
| N° de Guardias | 0,68 | 0,47 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Superficie | 0,15 | 0,02 | 0,60 | NO | Débil + |
| Tasa delictual comunal | 0,24 | 0,06 | 0,39 | NO | Débil + |
| Percepción de inseguridad comunal | 0,14 | 0,02 | 0,63 | NO | Débil + |
| Percepción de inseguridad áreas verdes | -0,17 | 0,03 | 0,53 | NO | Débil - |
| Tasa de Pobreza comunal | -0,32 | 0,10 | 0,25 | NO | Débil - |
| Índice de Prioridad Social comunal | -0,07 | 0,00 | 0,82 | NO | Indeterminada |
| Densidad Poblacional comunal | 0,47 | 0,22 | 0,08 | NO | Moderada + |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,13 | 0,02 | 0,64 | NO | Indeterminada |
| Índice de vulnerabilidad social-delictual comunal | 0,03 | 0,00 | 0,90 | NO | Indeterminada |
| Superficie edificaciones e infraestructura | 0,28 | 0,08 | 0,31 | NO | Débil + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,74 | 0,54 | 0,00 | SI | Fuerte + |

Figura 14. Gráficos de dispersión de las principales correlaciones para los costos de mantenimiento.



3.1.8.2 *Correlaciones de variables del componente vegetal*

En la Tabla 25 se resumen los resultados de las correlaciones de Pearson para las variables independientes de caracterización vegetal de los parques del PPU y su efecto sobre las variables dependientes costo de mantención total mensual, costo de mantención vegetal mensual y n° de jardineros de los parques.

En el caso de la mantención total mensual las variables porcentaje de cubresuelos y superficies de césped fueron las más relevantes para entender los costos de mantención total mensual, ya que ambas presentaron una influencia positiva y moderada sobre el costo de mantención total mensual, siendo estadísticamente significativas, es decir que a medida que aumenta el porcentaje de cubresuelos y superficies de césped aumentan linealmente los costos de mantención mensual. El porcentaje de césped y el total de unidades de árboles y arbustos solamente presentaron un incremento lineal débil en los costos de mantención, no siendo estadísticamente significativos. También cabe resaltar, que el porcentaje de pradera natural disminuyó lineal y débilmente los costos de mantención, no alcanzando a ser estadísticamente significativo.

La mantención vegetal mensual se vio influenciada de manera positiva y moderada por las variables superficie de césped y el n° total de árboles y arbustos, por lo que al aumentar las superficies de césped y el n° total de árboles y arbustos los costos de mantención vegetal mensual se incrementarán linealmente, ambas variables fueron estadísticamente significativas. El porcentaje de cubresuelos incrementó los costos de manera débil, exhibiendo una relación lineal poco acentuada, pero si estadísticamente significativa. El porcentaje de pradera natural disminuye los costos de mantención vegetal de manera lineal y débil, pero no alcanza a ser estadísticamente significativo su aporte.

Tabla 25. Síntesis de correlaciones de Pearson para variables vegetales asociadas a la mantención.

| Variables | R | R ² | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|---------------------------------------|-------|----------------|----------|-----|---------------|
| Mantención total mensual (Y) | | | | | |
| Superficie de césped | 0,42 | 0,18 | 0,12 | SI | Moderada + |
| % Césped | 0,16 | 0,02 | 0,58 | NO | Débil + |
| Superficie cubresuelos | 0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil + |
| % Cubresuelos | 0,61 | 0,37 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Superficie Pradera natural | -0,13 | 0,02 | 0,65 | NO | Indeterminada |
| Porcentaje pradera natural | -0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil - |
| Total unidades árboles y arbustos | 0,23 | 0,05 | 0,40 | NO | Débil + |
| Mantención vegetal mensual (Y) | | | | | |
| Superficie de césped | 0,61 | 0,37 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % Césped | 0,28 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil + |
| Superficie cubresuelos | 0,03 | 0,00 | 0,91 | NO | Indeterminada |
| % Cubresuelos | 0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil + |
| Superficie Pradera natural | -0,08 | 0,01 | 0,77 | NO | Indeterminada |
| Porcentaje pradera natural | -0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil - |
| Total unidades árboles y arbustos | 0,54 | 0,29 | 0,04 | SI | Moderada + |
| N° de jardineros (Y) | | | | | |
| Superficie de césped | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| % Césped | 0,02 | 0,00 | 0,93 | NO | Indeterminada |
| Superficie cubresuelos | 0,27 | 0,07 | 0,33 | NO | Débil + |
| % Cubresuelos | 0,18 | 0,03 | 0,51 | NO | Débil + |
| Superficie Pradera natural | 0,29 | 0,08 | 0,29 | NO | Débil + |
| Porcentaje pradera natural | 0,08 | 0,01 | 0,77 | NO | Indeterminada |
| Total unidades árboles y arbustos | 0,32 | 0,10 | 0,25 | NO | Débil + |

La principal variable vegetal que influenció el n° de jardineros fue la superficie de césped, ya que a mayores superficies de césped mayores fueron el n° de jardineros, esta relación es lineal, moderada y estadísticamente significativa. La superficie de cubresuelos, pradera natural y total de unidades de árboles y arbustos, incrementaron de manera lineal y débil, el n° de jardineros, pero no alcanzaron a ser estadísticamente significativas.

A continuación, la Tabla 26 resume las principales correlaciones de rho de Spearman para las variables cualitativas dependientes: Origen del suelo, fuentes de riego y sistema de riego, correlacionadas no paramétricamente con algunos costos de mantención vegetal relevantes. Para el caso del origen de suelo la escala va desde 1 a 3, donde 1 corresponde a

un suelo de mejor calidad y de origen de periurbano, 2 corresponde a un suelo urbano (sitio eriazo) y 3 corresponde a un suelo de vertedero (relleno sanitario), por lo que a medida que aumenta el valor de suelo decrece su calidad. En cuanto a la fuente de riego 1 representa la fuente más sustentable que corresponde a riego de canal y MAP (agua potable) restringida, 2 corresponde a pozo profundo y MAP restringida y 3 se asocia a MAP como la principal fuente de agua de riego, por lo que a medida que aumentan los valores de fuente de riego menos sustentable es su origen. Para el caso del sistema de riego 1 equivale a un sistema de riego automático y tecnificado mayoritariamente, y 2 a un sistema de riego semiautomático, con sectores importantes de riego manual.

En la variable origen de suelo los costos de mantención mensual unitaria y vegetal unitaria aumentaron débilmente en la medida que decreció la calidad del suelo, si bien los valores de rho de Spearman fueron similares, la variable mantención mensual fue estadísticamente significativa y la variable de mantención vegetal no alcanzo a ser estadísticamente significativa. Los costos unitarios de binazón del suelo, fertilización de césped y mantención arbórea se incrementaron moderadamente en la medida que decreció la calidad del suelo, dichas correlaciones fueron estadísticamente significativas. Los costos de mantención de riego unitario y mantención de césped disminuyeron débilmente en la medida que decreció la calidad del suelo, sin embargo ambas relaciones no son estadísticamente significativas.

Tabla 26. Correlaciones de Spearman para variables de suelo y fuente de riego asociadas a la mantención.

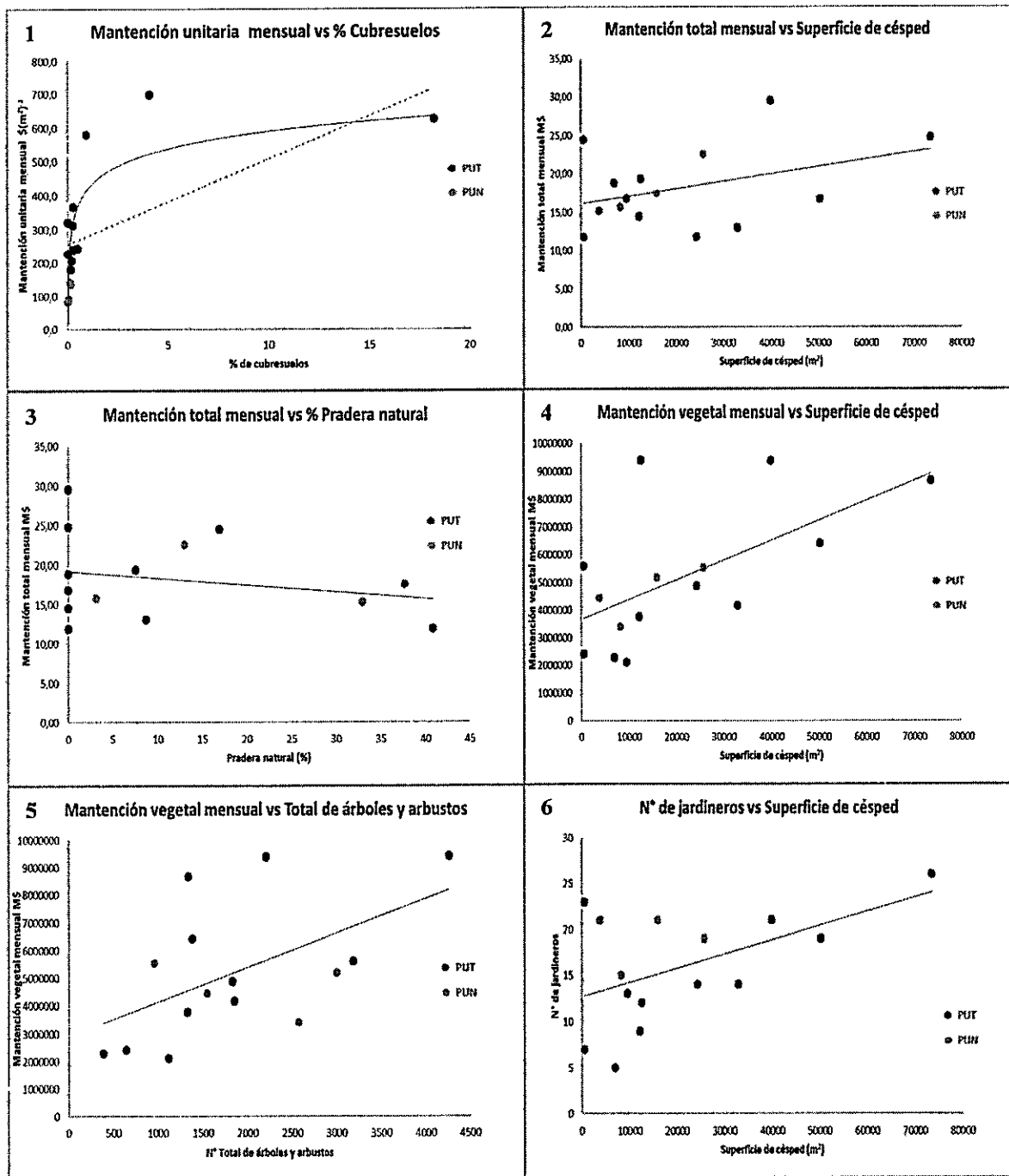
| Variables | ρ SP | P (0,20) | SIG | Tendencia |
|--------------------------------|-----------|----------|-----|------------|
| Origen del suelo | | | | |
| Mantención mensual unitaria | 0,38 | 0,17 | SI | Débil + |
| Mantención vegetal unitaria | 0,34 | 0,22 | NO | Débil + |
| Mantención césped unitaria | -0,29 | 0,29 | NO | Débil - |
| Mantención arbórea unitaria | 0,63 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Riego unitario | -0,30 | 0,27 | NO | Débil - |
| Binazón unitario | 0,40 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Fertilización árboles unitaria | 0,38 | 0,17 | SI | Débil + |
| Fertilización césped unitaria | 0,40 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Fuente de riego | | | | |
| Mantención mensual unitaria | 0,57 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Mantención vegetal unitaria | 0,42 | 0,12 | SI | Moderada + |
| Mantención césped unitaria | -0,23 | 0,42 | NO | Débil - |
| Mantención arbórea unitaria | 0,55 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Riego unitario | -0,51 | 0,05 | SI | Moderada - |
| Sistema de riego | | | | |
| Mantención mensual unitaria | 0,43 | 0,11 | SI | Moderada + |
| Mantención vegetal unitaria | 0,50 | 0,06 | SI | Moderada + |
| Mantención césped unitaria | -0,56 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Mantención arbórea unitaria | 0,62 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Riego unitario | -0,56 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Fertilización árboles unitaria | 0,56 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Fertilización césped unitaria | 0,80 | 0,00 | SI | Fuerte + |

En el caso de la fuente de riego los costos de mantención mensual, vegetal y arbórea unitaria aumentaron moderadamente en la medida que se volvió menos sustentable el origen del agua (MAP), la relaciones señaladas son estadísticamente significativas. Los costos de riego unitario disminuyeron moderadamente en tanto que el origen del agua se volvió menos sustentable, esto quiere decir que la labor riego tiene un costo menor en los parques que se riegan con MAP, a diferencia de los que se riegan con pozo profundo y agua de canal, esta relación fue estadísticamente significativa. El costo de mantención de césped disminuyó débilmente a medida que el origen del agua fue menos sustentable, sin embargo esta relación no fue estadísticamente significativa.

El tipo de sistema de riego influyó fuertemente los costos de fertilización unitaria del césped, por ende en aquellos parques donde predominen los sistemas de riego semiautomáticos los costos de fertilización de césped serán mayores, esta relación fue estadísticamente significativa. La mantención mensual unitaria, vegetal unitaria, arbórea unitaria y la fertilización arbórea se vio incrementada moderadamente en los sistemas de riego semiautomático; estas relaciones fueron estadísticamente significativas. Sin embargo, los costos de la labor riego unitario y mantención de césped disminuyeron moderadamente en los sistemas semiautomáticos.

La Figura 15 muestra los gráficos de dispersión de las correlaciones más relevantes descritas en las tablas anteriores. El gráfico 1 muestra la correlación entre la mantención unitaria mensual y el porcentaje de cubresuelos, se aprecia que los costos de mantención unitaria se ajustan mejor a un crecimiento exponencial, a diferencia de una recta lineal, es decir que a medida que aumentan los porcentajes de cubresuelos los costos de mantención mensual unitaria aumentan exponencialmente (R^2 lineal: 0,37; R^2 exponencial: 0,81). El gráfico 2 ilustra la correlación entre la mantención total mensual y la superficie de césped, se puede apreciar una relación lineal, con una dispersión mayor a medida que aumentan las superficies de césped (R^2 : 0,18). El gráfico 3 correlaciona el costo de mantención total mensual contra el porcentaje de pradera natural, se puede apreciar una disminución lineal muy leve, ya que existe una gran dispersión en los valores y muchos puntos se concentran en el origen (R^2 :0,1). El gráfico 4 muestra la dispersión entre la mantención vegetal mensual y las superficies de césped, es posible constatar una tendencia lineal moderada en donde a medida que se incrementan las superficies de césped también se incrementan los costos de mantención vegetal mensual (R^2 :0,37). El gráfico 5 muestra la relación entre el costo de mantención vegetal mensual y el n° de unidades de árboles y arbustos, es posible referir una relación lineal moderada y positiva, en la que a medida que aumenta la cantidad de árboles y arbustos también aumenta el costo de mantención vegetal mensual (R^2 :0,29). Finalmente, el gráfico 6 correlaciona la cantidad de jardineros con la superficie de césped, estas variables muestran una tendencia lineal positiva moderada, ya que al principio se concentra una dispersión de datos mayor, pero se puede señalar que en la medida que aumenten la superficies de césped también se incrementaran la cantidad de jardineros (R^2 :0,27).

Figura 15. Gráficos de dispersión de los costos de mantenimiento correlacionados con variables vegetales.



3.1.8.3 Correlaciones de variables del componente arquitectónico

Los resultado del análisis de correlaciones de Pearson para variables independientes del componente arquitectónico del parque, asociadas a las variables dependientes mantención total mensual, general y dotación de jardineros (n° de jardineros), se resume en la Tabla 27. La mantención total mensual se vio influenciada fuertemente por la superficie de

pavimentos blandos, ya que a medida que aumentó la cantidad de pavimentos blandos también se incrementaron linealmente los costos de mantención total, esta correlación fue estadísticamente significativa. El porcentaje de superficies de pavimentos y el n° de mobiliario urbano total también contribuyeron de manera moderada a un incremento lineal en los costos de mantenimiento mensual, siendo ambas correlaciones estadísticamente significativas. Las superficies de infraestructura y edificaciones contribuyeron débilmente a un incremento lineal de los costos de mantención mensual, pero estas correlaciones no fueron estadísticamente significativas. La superficie de pavimentos duros, no presentó una tendencia determinada y estadísticamente no fue significativa.

Tabla 27. Síntesis de correlaciones de Pearson para variables arquitectónicas asociadas a la mantención.

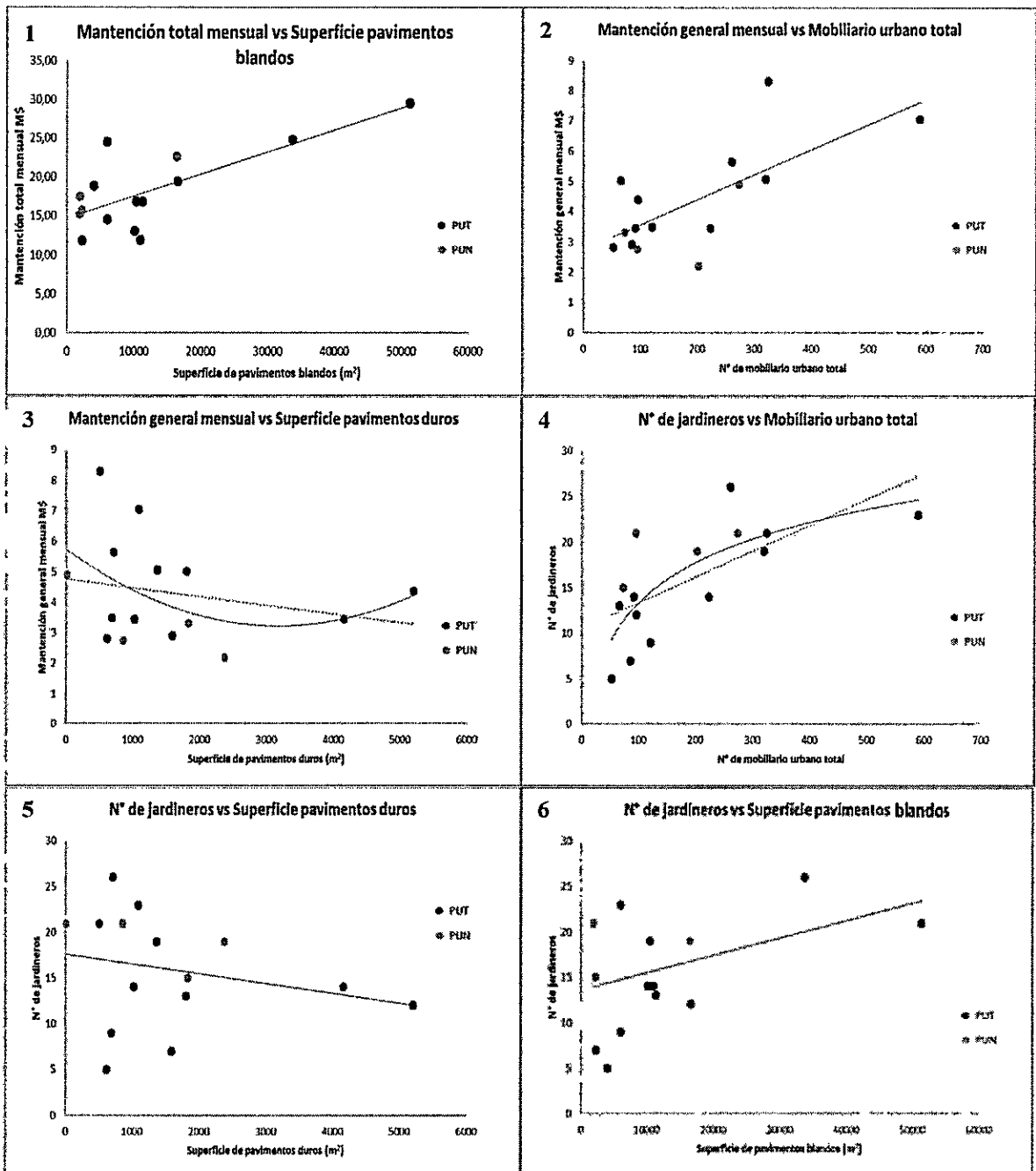
| Variables | R | R² | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|--|----------|----------------------|-----------------|------------|------------------|
| <i>Mantención total mensual (Y)</i> | | | | | |
| Superficie pavimentos duros | -0,07 | 0,01 | 0,80 | NO | Indeterminada |
| Superficie pavimentos blandos | 0,79 | 0,62 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| % Superficie pavimentos | 0,59 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Superficie Infraestructura | 0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil + |
| Superficie edificaciones | 0,14 | 0,02 | 0,63 | NO | Débil + |
| % Superficie infraestructura-edificaciones | 0,06 | 0,00 | 0,85 | NO | Indeterminada |
| N° Mobiliario urbano total | 0,57 | 0,32 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Densidad de mobiliario urbano | 0,32 | 0,10 | 0,25 | NO | Débil + |
| <i>Mantención general mensual (Y)</i> | | | | | |
| Superficie pavimentos duros | -0,23 | 0,05 | 0,40 | NO | Débil - |
| Superficie pavimentos blandos | 0,65 | 0,42 | 0,01 | SI | Moderada + |
| % Superficie pavimentos | 0,58 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Superficie Infraestructura | 0,18 | 0,03 | 0,52 | NO | Débil + |
| Superficie edificaciones | 0,22 | 0,05 | 0,42 | NO | Débil + |
| % Superficie infraestructura-edificaciones | -0,01 | 0,00 | 0,97 | NO | Indeterminada |
| N° Mobiliario urbano total | 0,71 | 0,50 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Densidad de mobiliario urbano | 0,51 | 0,26 | 0,05 | SI | Moderada + |
| <i>N° de jardineros (Y)</i> | | | | | |
| Superficie pavimentos duros | -0,25 | 0,06 | 0,38 | NO | Débil - |
| Superficie pavimentos blandos | 0,43 | 0,18 | 0,11 | SI | Moderada + |
| % Superficie pavimentos | -0,07 | 0,00 | 0,81 | NO | Indeterminada |
| Superficie Infraestructura | 0,12 | 0,01 | 0,68 | NO | Débil + |
| Superficie edificaciones | 0,30 | 0,09 | 0,29 | NO | Débil + |
| % Superficie infraestructura-edificaciones | 0,46 | 0,21 | 0,08 | SI | Moderada + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,68 | 0,46 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Densidad de mobiliario urbano | 0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil + |

En los costos de mantención general la variable principal fue el n° de mobiliario urbano total que influyó lineal y fuertemente los costos de mantención general, es decir que a mayores cantidades de mobiliario urbano mayores serán los costos de mantención general, esta correlación fue estadísticamente significativa. La densidad de mobiliario urbano, las superficies de pavimentos blandos y el porcentaje de pavimentos totales presentaron una correlación positiva moderada con los costos de mantención general, es decir a medida que aumentaron los valores de dichas variables también aumentaron los costos de mantención general, siendo estadísticamente significativas. La superficie de edificaciones e infraestructura presentaron una correlación lineal positiva débil con los costos de mantención general y no fueron estadísticamente significativas. La superficie de pavimentos duros disminuyó débilmente los costos de mantención general, sin embargo dicha correlación no fue estadísticamente significativa.

En cuanto al n° de jardineros, las superficies de pavimentos blandos, el porcentaje de infraestructura, edificaciones y el n° de mobiliario urbano total aumentaron lineal y moderadamente el n° de jardineros, es decir se requerirá mayor personal en la medida que se incrementen las superficies de pavimentos blandos, los porcentajes de infraestructura, edificaciones y el mobiliario urbano total, estas relaciones fueron estadísticamente significativas. La superficie de pavimentos duros disminuyó lineal y débilmente el n° de jardineros necesarios para su mantención, sin embargo esta relación no fue estadísticamente significativa.

Los gráficos de dispersión se pueden apreciar en la Figura 16, el gráfico 1 corresponde a la mantención total mensual enfrentada contra la superficie de pavimentos blandos. Se aprecia que existe una tendencia lineal positiva, es decir a mayor superficie de pavimentos blandos mayores costos de mantenimiento mensual, sin embargo la nube de puntos se concentra en los valores iniciales, para dispersarse hacia los valores de mayor superficie ($R^2:0,62$). El gráfico 2 correlaciona la mantención general mensual con el n° de mobiliario urbano total. Se aprecia una tendencia lineal positiva en donde a mayor cantidad de mobiliario urbano total mayores costos de mantenimiento ($R^2:0,62$).

Figura 16. Gráficos de dispersión de los costos de mantención correlacionados con variables arquitectónicas.



El gráfico 3 relaciona la mantención general mensual con la superficie de pavimentos duros. Se aprecia una tendencia lineal muy débil a la disminución, ya que una curva de decrecimiento potencial se ajusta un poco mejor (R^2 lineal: 0,05; R^2 potencial: 0,21). El gráfico 4 correlaciona el n° de jardineros con el mobiliario urbano total. De manera similar, que el caso anterior, se ajusta mejor una curva potencial que una tendencia lineal, es decir

que a mayor cantidad de mobiliario urbano, el n° de jardineros requeridos para su mantención se incrementará potencialmente (R^2 lineal: 0,46; R^2 potencial: 0,65). Los gráficos 5 y 6 correlacionan el n° de jardineros en contraste con las superficies blandas y duras. El gráfico 5 muestra una tendencia lineal negativa muy débil, es decir que mientras mayor sea la superficie de pavimentos duros, menor será el n° de jardineros que tendrá el parque (R^2 : 0,06). Por el contrario, el gráfico 6 muestra que las superficies de pavimentos blandos se correlacionan de manera lineal, negativa y débil con el n° de jardineros (R^2 : 0,18).

3.1.8.4 Correlaciones de variables ecológicas

La síntesis de las correlaciones de variables independientes de caracterización ecológica de los parques del PPU (para consultar el detalle de los valores por parque revisar Tabla 61 en el anexo) se aprecian en la Tabla 28. La mantención total mensual se vio influenciada lineal, positiva y moderadamente por el índice de equidad de especies arbóreas, es decir que a mayores valores del índice de equidad mayores costos de mantención total mensual, esta relación fue estadísticamente significativa. Por el contrario, la cobertura vegetal total y el índice de riqueza de especies arbóreas contribuyeron a una disminución lineal y moderada de los costos de mantención mensual, siendo ambas variables estadísticamente significativas. La densidad arbórea y el índice de biodiversidad presentaron valores indeterminados en cuanto a sus efectos en los costos de mantención total mensual, no siendo significativas estadísticamente. El porcentaje de flora caducifolia y flora exótica contribuyeron a incrementar débil y linealmente los costos de mantención total mensual, siendo estadísticamente significativas ambas variables. El porcentaje de flora nativa y de flora perennifolia, por el contrario, contribuyeron a disminuir lineal y débilmente los costos de mantención total mensual, siendo ambas variables estadísticamente significativas.

La mantención vegetal mensual se vio incrementada de manera lineal y moderada por el índice de equidad, siendo una relación estadísticamente significativa. El índice de diversidad, el porcentaje de flora caducifolia y el porcentaje de flora exótica aumentaron débilmente los costos de mantenimiento mensual, siendo significativas estadísticamente a excepción del porcentaje de flora exótica. La cobertura vegetal total, el porcentaje de flora perennifolia y el porcentaje de flora nativa contribuyeron débilmente a disminuir

linealmente los costos de mantención vegetal, no siendo estadísticamente significativa la correlación de la variable porcentaje de flora nativa. El índice de riqueza y la densidad arbórea produjeron efectos indeterminados sobre la variable costo de mantención vegetal; ambas relaciones no fueron estadísticamente significativas.

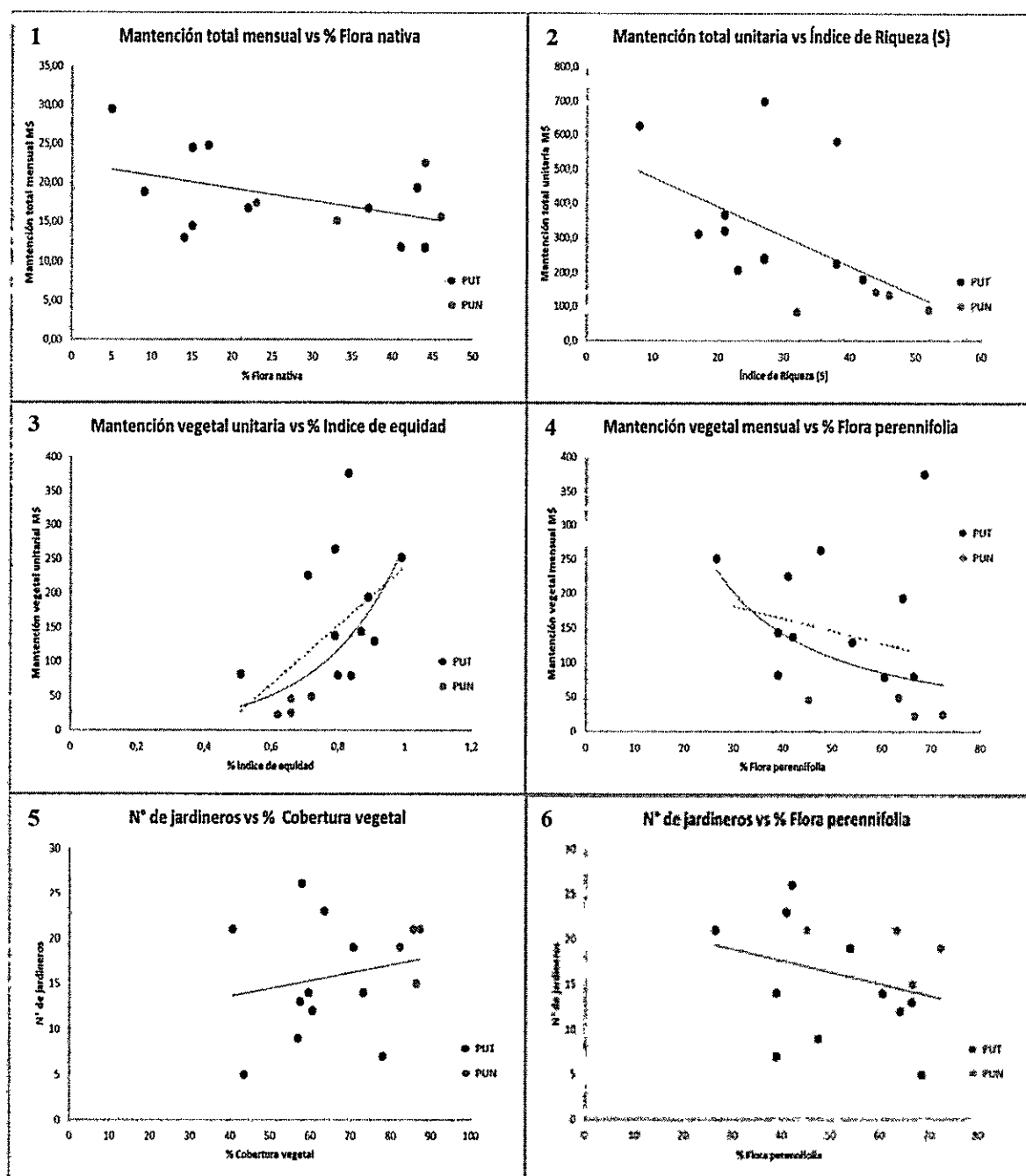
Tabla 28. Síntesis de correlaciones de Pearson para variables ecológicas asociadas a la mantención.

| Variables | R | R² | p(0,20) | SIG | Tendencia |
|--|----------|----------------------|----------------|------------|------------------|
| <i>Mantención total mensual (Y)</i> | | | | | |
| % total flora exótica | 0,36 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil + |
| % flora nativa total | -0,36 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil - |
| Densidad vegetal de árboles y arbustos | 0,14 | 0,02 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| % Cobertura vegetal total | -0,50 | 0,25 | 0,06 | SI | Moderada - |
| % Flora caducifolia | 0,36 | 0,13 | 0,19 | SI | Débil + |
| % Flora perennifolia | -0,36 | 0,13 | 0,19 | SI | Débil - |
| Índice de diversidad (H) | 0,05 | 0,00 | 0,86 | NO | Indeterminada |
| Índice de equidad (E) | 0,46 | 0,21 | 0,08 | SI | Moderada + |
| Índice de riqueza (S) | -0,57 | 0,32 | 0,03 | SI | Moderada - |
| <i>Mantención vegetal mensual (Y)</i> | | | | | |
| % total flora exótica | 0,16 | 0,03 | 0,57 | NO | Débil + |
| % flora nativa total | -0,16 | 0,03 | 0,57 | NO | Débil - |
| Densidad vegetal de árboles y arbustos | 0,12 | 0,01 | 0,68 | NO | Indeterminada |
| % Cobertura vegetal total | -0,26 | 0,07 | 0,35 | NO | Débil - |
| % Flora caducifolia | 0,37 | 0,14 | 0,17 | SI | Débil + |
| % Flora perennifolia | -0,37 | 0,14 | 0,18 | SI | Débil - |
| Índice de diversidad (H) | 0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil + |
| Índice de equidad (E) | 0,59 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Índice de riqueza (S) | -0,08 | 0,01 | 0,78 | NO | Indeterminada |
| <i>Nº de jardineros (Y)</i> | | | | | |
| % total flora exótica | 0,00 | 0,00 | 1,00 | NO | Indeterminada |
| % flora nativa total | 0,00 | 0,00 | 1,00 | NO | Indeterminada |
| Densidad vegetal de árboles y arbustos | -0,08 | 0,01 | 0,77 | NO | Indeterminada |
| % Cobertura vegetal total | 0,46 | 0,21 | 0,08 | SI | Moderada + |
| % Flora caducifolia | 0,29 | 0,08 | 0,30 | NO | Débil + |
| % Flora perennifolia | -0,29 | 0,08 | 0,30 | NO | Débil - |
| Índice de diversidad (H) | 0,06 | 0,00 | 0,83 | NO | Indeterminada |
| Índice de equidad (E) | 0,14 | 0,02 | 0,61 | NO | Indeterminada |
| Índice de riqueza (S) | 0,12 | 0,02 | 0,66 | NO | Indeterminada |

En relación a la dotación de jardineros (n° de jardineros) la principal variable que ejerció un efecto moderado fue el porcentaje de cobertura vegetal total, ya que a mayor porcentaje de cobertura vegetal total se incrementó linealmente el n° de jardineros, esta relación fue estadísticamente significativa. La flora caducifolia incrementó lineal y débilmente el número de jardineros, no siendo estadísticamente significativa. Asimismo, y por el contrario, la flora perennifolia disminuyó lineal y débilmente el n° de jardineros requeridos, no siendo una relación estadísticamente significativa. El resto de las variables tuvieron efectos indeterminados sobre el n° de jardineros y sus correlaciones no fueron estadísticamente significativas.

Los principales gráficos de dispersión de las variables ecológicas se presentan en la Figura 17. El gráfico 1 correlaciona la mantención total mensual con el porcentaje de flora nativa, allí se observa una leve disminución lineal de los costos de mantención a medida que aumenta el porcentaje de flora nativa ($R^2:0,13$). El gráfico de dispersión 2 muestra que a medida que aumentan los valores del índice de riqueza (S) disminuyen linealmente los costos de mantención total unitaria ($R^2:0,42$). El gráfico 3 muestra la tendencia entre los costos de mantención vegetal unitarios y el índice de equidad, se aprecia que una curva potencial es una mejor aproximación que una tendencia lineal para explicar la regresión, esto quiere decir que a medida que aumentan los valores de equidad aumentan potencialmente los costos de mantención vegetal unitarios (R^2 lineal: 0,34; R^2 potencial: 0,51). El gráfico 4 correlaciona la mantención vegetal mensual contra el porcentaje de flora perennifolia, al igual que el caso anterior una curva potencial se ajusta mejor a la regresión que una tendencia lineal, esto quiere decir que a medida que aumenta el porcentaje de flora perennifolia disminuyen potencial y débilmente los costos de mantención vegetal mensual, los bajos valores se deben a que existe una dispersión grande en los datos (R^2 lineal: 0,08; R^2 potencial: 0,19).

Figura 17. Gráficos de dispersión de los costos de mantención correlacionados con variables ecológicas.



Los gráficos 5 y 6 correlacionan linealmente el n° de jardineros con el porcentaje de cobertura vegetal y porcentaje de flora perennifolia, respectivamente. En el primer caso, el gráfico 5 muestra que a mayor porcentaje de cobertura vegetal, mayor número de jardineros requeridos, si bien se aprecia una tendencia lineal, no es menor la dispersión de los datos ($R^2: 0,21$). Para el caso de la flora perennifolia la gráfica 6 muestra una débil tendencia a la

disminución del n° de jardineros, en la medida que se incrementan los porcentajes de flora perennifolia, pero la correlación es débil debido a la dispersión de los datos ($R^2: 0,08$).

Las variables cualitativas de adecuación biológica y requerimiento hídrico (escalas nominales que se incrementan linealmente, es decir a mayor valor de la escala mayor valor de adecuación biológica y mayores valores de requerimientos hídricos) se correlacionaron con diversos costos de mantenimiento, para corroborar la hipótesis de adecuación biológica. Los resultados se pueden apreciar en la Tabla 29 que sintetiza las correlaciones de rho de Spearman (no paramétricas) para las variables. La mantención total mensual se vio influenciada en la misma magnitud, pero de manera contraria, por los requerimientos hídricos y la adecuación biológica, es decir a medida que aumentó la adecuación biológica disminuyó moderadamente los costos de mantenimiento mensual y, por el contrario, en la medida que aumentaron los requerimientos hídricos también aumentaron moderadamente los costos de mantenimiento mensual. La adecuación biológica además disminuyó moderadamente los costos de mantenimiento vegetal, sin embargo los requerimientos hídricos arrojaron un valor indeterminado, las relaciones mencionadas anteriormente fueron estadísticamente significativas. La adecuación biológica disminuyó moderadamente el número de jardineros, siendo estadísticamente significativa, y los requerimientos hídricos también disminuyeron débilmente el número de jardineros, pero no fueron estadísticamente significativas las relaciones. La adecuación biológica también disminuyó el riego moderadamente de manera estadísticamente significativa, sin embargo los requerimientos hídricos tuvieron un efecto indeterminado en la labor. La adecuación biológica disminuyó el costo de manejo de plagas de manera moderada, siendo también estadísticamente significativa; el requerimiento hídrico tuvo un efecto indeterminado sobre esta variable. La adecuación biológica disminuyó moderadamente los costos de mantención de árboles y arbustos, siendo estadísticamente significativa; en cambio los requerimientos hídricos elevaron débilmente el costo de mantención, no siendo estadísticamente significativos.

Tabla 29. Correlaciones de Spearman para variables adecuación biológica de las especies arbóreas y requerimientos hídricos asociadas a los costos de mantención.

| Variabes | ρ SP | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|---|-----------|----------|-----|---------------|
| Mantención total mensual (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | 0,40 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Adecuación biológica | -0,40 | 0,14 | SI | Moderada - |
| Mantención vegetal mensual (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | -0,02 | 0,95 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,50 | 0,06 | SI | Moderada - |
| N° de jardineros (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | -0,18 | 0,52 | NO | Débil - |
| Adecuación biológica | -0,48 | 0,07 | SI | Moderada - |
| Riego (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | -0,08 | 0,78 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,37 | 0,18 | SI | Débil - |
| Manejo de plagas (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | 0,11 | 0,70 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,45 | 0,09 | SI | Moderada - |
| Mantención árboles y arbustos (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | 0,33 | 0,23 | NO | Débil + |
| Adecuación biológica | -0,50 | 0,06 | SI | Moderada - |
| Fertilización árboles y arbustos (Y) | | | | |
| Requerimiento hídrico | -0,10 | 0,71 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,27 | 0,34 | NO | Débil - |

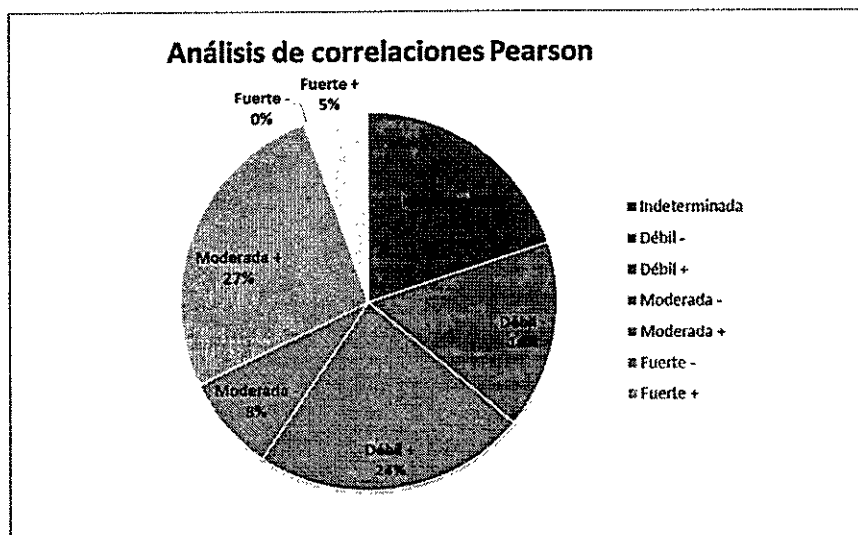
En el caso de la fertilización de árboles y arbustos el requerimiento hídrico tuvo un efecto indeterminado y la adecuación biológica disminuyó débilmente dichos costos, pero no fueron estadísticamente significativas las correlaciones.

3.1.8.5 Síntesis de las correlaciones parciales más relevantes

Inicialmente se procesaron en SPSS Statística correlaciones parciales para 124 variables de caracterización general, socioeconómica, vegetal, arquitectónica, ecológica y de costos de mantenimiento de los 15 parques de estudio del PPU, los valores se pueden consultar en la Tabla 61 (anexo). De estas 124 variables se obtuvo una matriz con 15077 correlaciones parciales, de esa matriz se consideraron 255 correlaciones más relevantes para esta investigación presentadas detalladamente en la Tabla 63 (anexo). La Figura 18 a continuación, muestra cómo se distribuyen en términos de poder interpretativo las

correlaciones de Pearson encontradas. Es posible señalar que se obtuvo solamente una correlación fuerte negativa, correspondiente al rho de Spearman de la adecuación biológica vs consumo de agua. Un porcentaje del 5 % para las correlaciones fuertes positivas (13 correlaciones), siendo todas estadísticamente significativas. Las correlaciones moderadas positivas obtuvieron el porcentaje mayor siendo de un 27% (68 correlaciones), de estas el 66 % (45 correlaciones) son estadísticamente significativas. Las correlaciones moderadas negativas obtuvieron un 8 % (21 correlaciones), siendo un 62 % estadísticamente significativas (13). Las correlaciones débiles positivas obtuvieron un 24 % de representación (60 correlaciones), sin embargo ninguna fue estadísticamente significativa. Las correlaciones débiles negativas obtuvieron un 16 % (41 correlaciones), siendo solamente el 5 % (2 correlaciones) estadísticamente significativas. Finalmente, para el caso de las correlaciones cuyos valores son indeterminados se obtuvo un 20 % (51 correlaciones), de las cuales ninguna tiene significancia estadística. En conclusión gran parte de las correlaciones son moderadas y débiles, sin embargo la significancia estadística solamente alcanza al 41 % de todas las correlaciones consideradas relevantes (Tabla 63, anexo).

Figura 18. Distribución del peso de los valores de las correlaciones de Pearson para 255 variables.



A continuación, se presenta una síntesis de las correlaciones más importantes (valores fuertes y moderados) de las correlaciones obtenidas en la Tabla 63 del anexo. Como se aprecia en la Tabla 30 los costos de mantención total mensual se vieron influenciados

positiva y fuertemente por las variables superficie de pavimentos blandos, el número de trabajadores, riego y mobiliario urbano. Por el contrario, el índice de riqueza, la cobertura vegetal y la adecuación biológica disminuyeron moderadamente los costos de mantención.

El número de jardineros se vio afectado positiva y fuertemente por las superficies de mantenimiento intensivo, moderadamente por las superficies de césped y el n° de mobiliario urbano total. Por el contrario, la adecuación biológica y la fuente de riego disminuyeron moderadamente el n° de jardineros. El costo de seguridad se vio influenciado fuertemente por la cantidad de mobiliario urbano total, moderadamente por el número de guardías, densidad poblacional comunal y densidad de mobiliario urbano. Las labores ocasionales se incrementaron moderadamente por los efectos del porcentaje de flora perennifolia y la superficie total del parque. En contraposición, la flora caducifolia y la densidad poblacional comunal disminuyeron las labores ocasionales. La superficie total aumentó fuertemente los costos de las labores estacionales; la superficie de césped los incrementó de manera moderada y la densidad vegetal arbórea lo disminuyó moderadamente. Los consumos básicos se vieron incrementados moderadamente por la superficie de césped, el porcentaje de praderas naturales, el porcentaje de césped y el porcentaje de flora exótica total. Por el contrario, los consumos básicos disminuyeron sus costos debido al porcentaje de flora nativa total y a la adecuación biológica. El consumo de agua disminuyó fuertemente a medida que aumentó la adecuación biológica y moderadamente con el mayor porcentaje de flora perennifolia y árboles y arbustos nativos. Por el contrario, el consumo de agua se incrementó moderadamente con el aumento total de árboles y arbustos, las superficies de césped, flora exótica y caducifolia. El costo de mantención general se vio incrementado fuertemente por la cantidad total de mobiliario urbano, moderadamente por la superficie de pavimentos blandos, número de jardineros y densidad poblacional. Por el contrario, las superficies de pavimentos duros disminuyeron débilmente los costos de mantención general, pero no fueron estadísticamente significativas. El costo de mantención vegetal se vio incrementado moderadamente por la superficie de césped, el n° de jardineros, el índice de equidad, el n° total de árboles y arbustos, el riego diario y la superficie total de áreas verdes del parque (se consideran todas las cubiertas vegetales). Por el contrario, el costo de mantenimiento vegetal decreció moderadamente por la mayor adecuación biológica y por la fuente de riego (el riego MAP

disminuyó los costos de mantenimiento vegetal, a diferencia del agua de pozo profundo y canal). Los costos de mantención de césped fueron influenciados moderadamente por las superficies y porcentajes de césped. El costo de mantención de las praderas naturales se incrementó moderadamente con la fuente de riego, es decir que aquellas praderas naturales regadas con MAP son más costosas de mantener que las regadas con agua de pozo profundo o canal. Por el contrario, a medida que aumentó la superficie de las praderas naturales, estas disminuyeron moderadamente sus costos de mantención. El costo de mantención de los árboles y arbustos disminuyó moderadamente con el porcentaje de flora perennifolia y la adecuación biológica; por el contrario, se incrementó moderadamente con la flora caducifolia y el n° total de árboles y arbustos.

Tabla 30. Síntesis de las principales correlaciones significativas o considerables de los costos de mantenimiento (continúa en las páginas siguientes)

| <i>Variables dependientes/independientes</i> | <i>R</i> | <i>R2</i> | <i>p (0,20)</i> | <i>SIG</i> | <i>Tendencia</i> |
|--|----------|-----------|-----------------|------------|------------------|
| Costo de mantención total mensual | | | | | |
| Superficie pavimentos blandos | 0,79 | 0,62 | 0,001 | SI | Fuerte + |
| Superficie pavimentos totales | 0,78 | 0,60 | 0,001 | SI | Fuerte + |
| N° de trabajadores | 0,63 | 0,39 | 0,013 | SI | Moderada + |
| % Pavimentos totales/cobertura vegetal | 0,62 | 0,39 | 0,013 | SI | Moderada + |
| N° de jardineros | 0,59 | 0,35 | 0,021 | SI | Moderada + |
| % Superficie pavimentos | 0,59 | 0,34 | 0,022 | SI | Moderada + |
| Riego diario | 0,58 | 0,34 | 0,048 | SI | Moderada + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,57 | 0,32 | 0,027 | SI | Moderada + |
| índice de riqueza (S) | -0,57 | 0,32 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Cobertura vegetal total | -0,50 | 0,25 | 0,06 | SI | Moderada - |
| Superficie césped | 0,42 | 0,18 | 0,12 | SI | Moderada + |
| Adecuación biológica* | -0,42 | - | 0,12 | SI | Moderada - |
| Numero de jardineros | | | | | |
| Superficie zonas de mantenimiento intensivo | 0,72 | 0,52 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,68 | 0,46 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Fuente de riego* | -0,57 | - | 0,03 | SI | Moderada - |
| Superficie de césped | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Adecuación biológica* | -0,48 | - | 0,07 | SI | Moderada - |
| Costo de mantención seguridad | | | | | |
| N° Mobiliario urbano total | 0,74 | 0,54 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| N° de guardias | 0,68 | 0,47 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Densidad poblacional comunal | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |
| Densidad mobiliario urbano total | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |

| <i>Variables dependientes/independientes</i> | <i>R</i> | <i>R2</i> | <i>p (0,20)</i> | <i>SIG</i> | <i>Tendencia</i> |
|--|----------|-----------|-----------------|------------|------------------|
| <i>Costo de labores ocasionales</i> | | | | | |
| Flora perennifolia | 0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Flora caducifolia | -0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Densidad poblacional comunal | -0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada - |
| Superficie total | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |
| <i>Costo de labores estacionales</i> | | | | | |
| Superficie total | 0,74 | 0,55 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Superficie de césped | 0,46 | 0,21 | 0,09 | SI | Moderada + |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | -0,45 | 0,20 | 0,09 | SI | Moderada - |
| <i>Costo consumos básicos</i> | | | | | |
| Adecuación biológica* | -0,65 | - | 0,02 | SI | Moderada - |
| Superficie césped | 0,60 | 0,36 | 0,04 | SI | Moderada + |
| % de césped y praderas naturales | 0,58 | 0,34 | 0,05 | SI | Moderada + |
| % Flora nativa total | -0,58 | 0,33 | 0,05 | SI | Moderada - |
| % Flora exótica total | 0,58 | 0,33 | 0,05 | SI | Moderada + |
| % de césped | 0,51 | 0,26 | 0,09 | SI | Moderada + |
| <i>Consumo de agua</i> | | | | | |
| Adecuación biológica* | -0,74 | - | 0,01 | SI | Fuerte - |
| N° árboles y arbustos | 0,51 | 0,26 | 0,09 | SI | Moderada + |
| Superficie de césped | 0,46 | 0,22 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Flora caducifolia | 0,45 | 0,20 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Flora perennifolia | -0,45 | 0,20 | 0,14 | SI | Moderada - |
| % árboles y arbustos nativos | -0,42 | 0,18 | 0,02 | SI | Moderada - |
| <i>Costo mantención general</i> | | | | | |
| N° Mobiliario urbano total | 0,71 | 0,50 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Superficie pavimentos blandos | 0,65 | 0,42 | 0,01 | SI | Moderada + |
| % Superficie pavimentos | 0,58 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| N° de jardineros | 0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Densidad mobiliario urbano total | 0,51 | 0,26 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Densidad poblacional comunal | 0,48 | 0,23 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Superficie pavimentos duros | -0,23 | 0,05 | 0,40 | NO | Débil - |
| <i>Costo mantención vegetal</i> | | | | | |
| Superficie de césped | 0,61 | 0,37 | 0,02 | SI | Moderada + |
| N° de jardineros | 0,59 | 0,35 | 0,02 | SI | Moderado + |
| Índice de equidad (E) | 0,59 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| N° de árboles y arbustos | 0,54 | 0,29 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Riego diario | 0,53 | 0,28 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Superficie áreas verdes totales | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Adecuación biológica* | -0,47 | - | 0,05 | SI | Moderada - |
| Fuente de riego* | -0,45 | - | 0,09 | SI | Moderada - |

| <i>Variables dependientes/independientes</i> | <i>R</i> | <i>R2</i> | <i>p (0,20)</i> | <i>SIG</i> | <i>Tendencia</i> |
|---|----------|-----------|-----------------|------------|------------------|
| <i>Costo mantención césped</i> | | | | | |
| Superficie de césped | 0,58 | 0,33 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % de superficie césped | 0,47 | 0,22 | 0,05 | SI | Moderada + |
| <i>Costo mantención praderas naturales</i> | | | | | |
| Fuente de riego* | 0,48 | - | 0,67 | NO | Moderada + |
| Superficie de praderas naturales | -0,42 | 0,17 | 0,03 | SI | Moderada - |
| <i>Costo mantención árboles y arbustos</i> | | | | | |
| Adecuación biológica* | -0,53 | - | 0,04 | SI | Moderada - |
| N° árboles y arbustos | 0,47 | 0,22 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Flora caducifolia | 0,43 | 0,19 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Flora perennifolia | -0,43 | 0,19 | 0,01 | SI | Moderada - |

Nota: Las variables categóricas de adecuación biológica y fuente de riego (*) muestran los valores del coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman.

3.1.9 Modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) asociado a los costos de mantención

3.1.9.1 Síntesis MRLM de variables generales asociadas a los costos de mantención

En coherencia con los resultados obtenidos en el ítem anterior, de las correlaciones parciales más relevantes, se aplicaron modelos de regresión lineal múltiples (MRLM) para definir de qué manera el conjunto de las variables independientes significativas afecta a las variables dependientes. La Tabla 31 muestra los resúmenes de los MRLM asociados a los costos de mantención.

El primer modelo correlacionó los costos de mantención total mensual con las variables independientes: superficie de pavimentos blandos, n° de trabajadores totales, cobertura vegetal total, adecuación biológica, cantidad de mobiliario urbano total y superficie de césped. La adecuación biológica y la cobertura vegetal total presentaron un efecto negativo en los costos de mantención disminuyéndolos, el resto de las variables incrementaron los costos de mantenimiento, sin embargo las variables independientes no lograron ser estadísticamente significativas al interior del modelo. El modelo general tiene un R^2 ajustado de 0,5 lo que significa que mediante la combinación lineal de estas variables se logró explicar el 50 % de la varianza lineal de los datos; la significancia estadística fue válida con un p valor de 0,2 límite, esto significa que estas variables en conjunto lograron explicar y predecir, mediante una regresión lineal múltiple, la variación de los costos de mantenimiento.

El segundo modelo evidenció que la variable dependiente n° de jardineros se incrementó lineal y positivamente con las variables independientes: n° de mobiliario total, superficies intensivas y superficie de césped. En contraste, la adecuación biológica disminuyó el n° de jardineros. Las variables estadísticamente significativas fueron: n° de mobiliario total y la adecuación biológica; las superficies intensivas y de césped, no fueron estadísticamente significativas. El valor del R^2 ajustado es 0,76 por lo que el modelo alcanzó a explicar el 76 % de la varianza del n° de jardineros mediante la regresión lineal de las variables independientes; el modelo fue estadísticamente significativo a un nivel de $p < 0,05$.

El tercer MRLM permitió explicar el incremento de la variable dependiente costo de mantención general mediante la regresión lineal de las variables porcentaje de superficie de pavimentos (estadísticamente significativa), densidad poblacional, n° de mobiliario total y n° de jardineros (variables no estadísticamente significativas). El R^2 ajustado arrojó un valor de 0,69 por lo que permitió explicar moderadamente un 69 % de la variación de los costos de mantención general en base a la combinación lineal de las variables independientes; el modelo fue estadísticamente significativo con un p valor $< 0,05$.

Los MRLM de las variables dependientes costos de mantenimiento vegetal y consumo de agua (asociado a las variables independientes de la Tabla 30), fueron descartados debido a que sus R^2 ajustados resultaron ser inferiores a 0,5, por lo que no alcanzaron a explicar el 50 % de la varianza, además de no cumplir con el nivel de significancia estadística $p < 0,2$.

El último modelo intentó explicar los costos de seguridad en base tres variables independientes: n° de mobiliario total, densidad poblacional y n° de guardias. Las tres variables tuvieron una incidencia positiva en el aumento de los costos de seguridad, pero solamente el n° de mobiliario total y la densidad poblacional fueron estadísticamente significativas al interior del modelo, el n° de guardias no fue estadísticamente significativa. El modelo en general tuvo un R^2 ajustado de 0,54 por lo que permitió explicar el 54 % de la varianza de los costos de seguridad en base a la regresión lineal múltiple de las tres variables independientes, el modelo fue estadísticamente significativo con un $p < 0,05$.

Tabla 31. Síntesis de los resultados MRLM de las principales variables asociadas a los costos de mantención

| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
|--|-----------|----------------|------------|----------|-----|
| <i>Costo mantención total</i> | 0,93 | 0,86 | 0,50 | 0,20 | SI |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| Superficie de pavimentos blandos | Positiva | 0,74 | NO | | |
| Nº de trabajadores totales | Positiva | 0,78 | NO | | |
| Cobertura vegetal total | Negativa | 0,84 | NO | | |
| Adecuación biológica | Negativa | 0,86 | NO | | |
| Nº mobiliario total | Positiva | 0,88 | NO | | |
| Superficie de césped | Positiva | 0,90 | NO | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Nº de jardineros</i> | 0,92 | 0,84 | 0,76 | 0,00 | SI |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| Nº mobiliario total | Positiva | 0,03 | SI | | |
| Adecuación biológica | Negativa | 0,10 | SI | | |
| Superficie intensiva | Positiva | 0,26 | NO | | |
| Superficie de césped | Positiva | 0,28 | NO | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Costo mantención general</i> | 0,92 | 0,85 | 0,69 | 0,02 | SI |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| % superficie de pavimentos | Positiva | 0,20 | SI | | |
| Densidad poblacional | Positiva | 0,28 | NO | | |
| Nº mobiliario total | Positiva | 0,31 | NO | | |
| Nº de jardineros | Positiva | 0,40 | NO | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Costo mantención vegetal</i> | 0,92 | 0,85 | 0,43 | 0,30 | NO |
| Modelo no estadísticamente significativo y no alcanza a explicar el 50 % de la varianza total | | | | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Consumo de agua</i> | 0,78 | 0,60 | 0,27 | 0,25 | NO |
| Modelo no estadísticamente significativo y no alcanza a explicar el 50 % de la varianza total | | | | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Costo de seguridad</i> | 0,82 | 0,67 | 0,54 | 0,02 | SI |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| Nº de mobiliario total | Positiva | 0,09 | SI | | |
| Densidad poblacional | Positiva | 0,19 | SI | | |
| Nº de guardias | Positiva | 0,51 | NO | | |

3.1.9.2 Síntesis MRLM de variables de diseño paisajista asociadas a los costos de *mantención*

Se agruparon algunas variables independientes del tipo vegetal, arquitectónicas y ecológicas en función del paradigma de diseño paisajista que representan, para luego aplicar un MRLM asociado al costo de mantención mensual.

Los resultados del MRLM se resumen en la Tabla 32, en donde es posible apreciar que el paisajismo tradicional agrupa variables independientes que contribuyeron positivamente al incremento de los costos de mantención, estas variables fueron: Superficie de pavimentos blandos, porcentaje de infraestructura y edificaciones, superficie mantenimiento intensivo, superficie de cubresuelos, densidad de mobiliario, superficie de césped, porcentaje de flora exótica y porcentaje de flora caducifolia. De las variables anteriores, solamente la superficie de pavimentos blandos fue estadísticamente significativa, el resto no lo fueron. El R^2 ajustado dio un valor de 0,8, lo que significa que el modelo logró explicar el 80 % de la varianza de los costos de mantención mediante la regresión lineal de las variables independientes de paisajismo tradicional, el modelo fue significativamente estadístico con un p valor $<0,05$.

El segundo modelo abarca variables independientes agrupadas como paisajismo sustentable, debido a que se espera que mediante la combinación de ellas tiendan a disminuir los costos de mantenimiento. Entre las variables se encuentran: Adecuación biológica, índice de riqueza (S), superficie de pavimentos duros, densidad vegetal arbustiva, porcentaje flora perennifolia, requerimientos hídricos, porcentaje de flora nativa y superficie de pradera natural, de las anteriores variables ninguna resultó ser estadísticamente significativa al interior del modelo. El R^2 ajustado arrojó un valor de -0,6 lo que significa que el modelo logró explicar el 60 % de la varianza de los costos de mantención, y el valor negativo significa que a medida que aumentaron los valores de las variables independientes disminuyeron linealmente los costos de mantenimiento. El modelo no fue estadísticamente significativo a un p valor $<0,2$.

Tabla 32. Síntesis de los resultados MRLM de las principales variables de diseño paisajista tradicional y sustentable asociadas a los costos de mantención

| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
|------------------------------------|-----------|----------------|-------------------------|----------|-----|
| <i>Costo mantención total</i> | 0,96 | 0,93 | 0,80 | 0,02 | SI |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| <i>Paisajismo tradicional</i> | | | | | |
| Superficie de pavimentos blandos | Positiva | 0,20 | SI | | |
| % Infraestructura y edificaciones | Positiva | 0,26 | NO | | |
| Superficie mantenimiento intensivo | Positiva | 0,39 | NO | | |
| Superficie de cubresuelos | Positiva | 0,45 | NO | | |
| Densidad de mobiliario | Positiva | 0,58 | NO | | |
| Superficie de césped | Positiva | 0,77 | NO | | |
| % Flora exótica | Positiva | 0,97 | NO | | |
| % Flora caducifolia | Positiva | 0,99 | NO | | |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R ² AJUSTADO | p (0,20) | SIG |
| <i>Costo mantención total</i> | -0,56 | 0,31 | -0,60 | 0,92 | NO |
| VARIABLES INDEPENDIENTES | TENDENCIA | p (0,20) | SIG | | |
| <i>Paisajismo sustentable</i> | | | | | |
| Adecuación biológica | Negativa | 0,37 | NO | | |
| Índice de riqueza (S) | Negativa | 0,39 | NO | | |
| Superficie de pavimentos duros | Negativa | 0,58 | NO | | |
| Densidad vegetal arbustiva | Negativa | 0,65 | NO | | |
| % Flora perennifolia | Negativa | 0,70 | NO | | |
| Requerimientos hídricos | Negativa | 0,80 | NO | | |
| % Flora nativa | Negativa | 0,86 | NO | | |
| Superficie de pradera natural | Negativa | 0,88 | NO | | |

3.1.10 Indicador de paisajismo tradicional

La Tabla 66 (véase anexo) resume los valores de las variables empleadas en la confección del indicador de paisajismo tradicional, expresándose tanto las del componente vegetal como el componente arquitectónico, las escalas empleadas para convertir los valores reales de las variables y los valores del indicador se detallaron en la metodología. En las variables de mantención vegetal destacan el porcentaje total de flora exótica (% Total F.E. en la tabla); porcentaje de césped (% Césped); porcentaje de árboles exóticos (% Arb. Exo.); porcentaje de mantenimiento intensivo (% Man. Int). Las variables de mantención general son representadas por el porcentaje de superficie de pavimentos (% Sup.Pav.); porcentaje

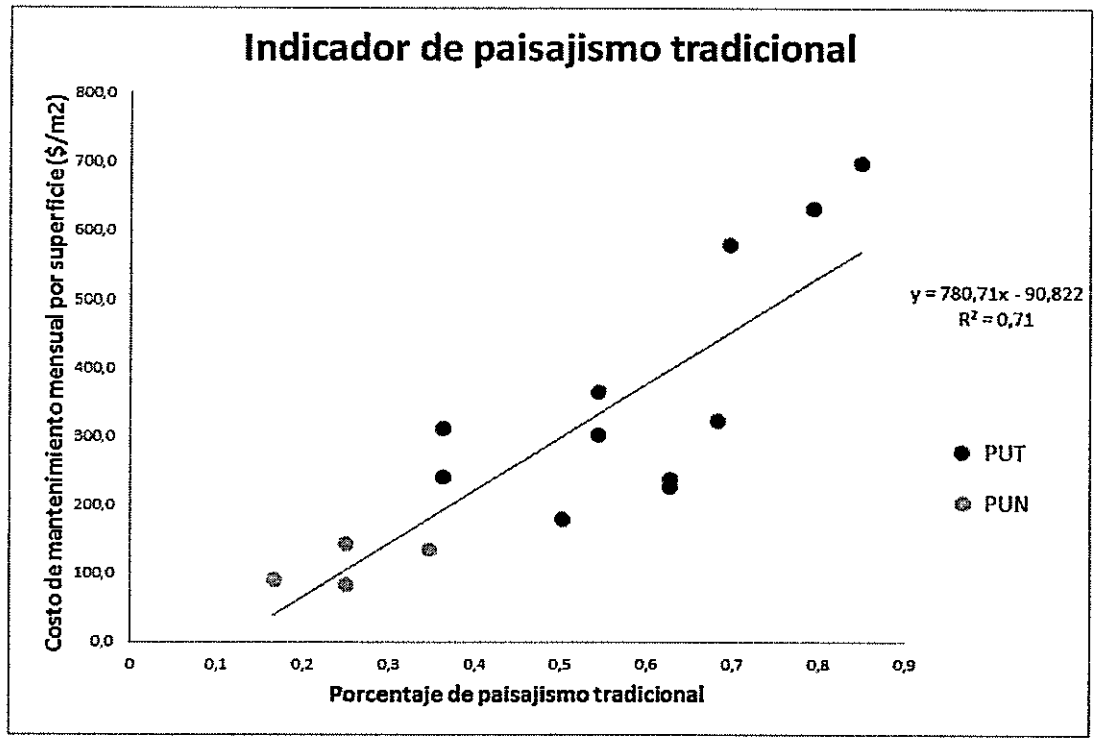
de superficies de infraestructura (% Sup. Inf); densidad de mobiliario urbano por superficie (Mob./Sup.).

Las últimas columnas resumen los cálculos del componente vegetal, arquitectónico y valor total del indicador, en términos de porcentajes. Se puede señalar que el valor promedio del indicador en todos los parques urbanos del PPU fue 0,51, lo que quiere decir que la presencia de componentes de paisajismo tradicional se puede establecer en un 51%. En el caso de los parques urbanos tradicionales este valor es mayor y el promedio asciende a 0,60 (60%); y para los parques urbanos naturales el valor decae a 0,25, es decir que estos últimos tienen en promedio una representación del 25 % de los valores que caracterizan a un parque con un paisajismo tradicional.

La Figura 19 muestra el gráfico de regresión lineal entre el costo de mantenimiento mensual unitario y los valores del indicador. El coeficiente de correlación de Pearson arrojó un valor de 0,84 y el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un valor de 0,71, lo que se traduce en que existe una fuerte tendencia lineal positiva entre los valores del grado de paisajismo tradicional y los costos de mantenimiento mensual unitario, es decir que a mayor grado de paisajismo tradicional, mayor será el costo de mantenimiento mensual unitario. El gráfico muestra que el mayor porcentaje de dispersión de la tendencia se concentra en los valores centrales del indicador.

Al agrupar las variables del indicador en los componentes vegetales y arquitectónicos, para efectuar una regresión lineal múltiple se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple arrojó un valor de 0,92; el coeficiente de determinación un valor de 0,84; y el R^2 ajustado un valor de 0,82, (siendo estadísticamente significativo el modelo con un p valor $< 0,05$) lo que implica que ambos conjuntos de variables del indicador se correlacionaron fuertemente con los costos de mantenimiento mensual unitario de los parques del PPU.

Figura 19 Gráfico de dispersión que correlaciona los costos de mantenimiento unitario v/s el porcentaje de paisajismo tradicional representados por los valores del indicador de paisajismo tradicional.



3.1.11 Análisis de las ofertas de licitación de mantenimiento PPU

La Tabla 33 resume los costos promedios de las labores de mantenimiento desglosadas para las empresas de paisajismo que se adjudicaron los contratos de licitación estudiados, los costos están estandarizados por superficie o unidad, según sea el caso, para poder establecer una comparación.

Tabla 33. Costos de labores de mantenimiento promedio comparativas según empresa de paisajismo licitadora (Fuente: Elaboración propia).

| Costo de mantenimiento | Fray Jorge | Nucleo Paisajismo | Siglo Verde | Parques Jhonson |
|---|------------|-------------------|-------------|-----------------|
| Costo de mantenimiento total mensual (\$/m ²) | 217,8 | 389,0 | 178,4 | 238,6 |
| Hectáreas de Parque urbano mantenido | 36,8 | 12,4 | 27,4 | 16,6 |
| Hectáreas de Parque natural mantenido | 10,6 | 74,7 | 44,4 | 23,5 |
| Labores Permanentes (C.B.) (\$/m ²) | 171,0 | 344,3 | 145,3 | 199,3 |
| Seguridad (\$/m ²) | 41,9 | 96,3 | 40,3 | 55,0 |
| Mantenimiento vegetal (\$/m ²) | 70,6 | 90,6 | 51,1 | 64,9 |
| Mantenimiento césped (\$/m ²) | 122,6 | 444,1 | 162,7 | 405,3 |
| Mantenimiento árboles y arbustos (\$/unidad) | 494,4 | 466,5 | 353,0 | 390,2 |
| Mantenimiento cubresuelos (\$/m ²) | 8963,4 | 2747,5 | 10908,0 | 3259,0 |
| Mantenimiento Pradera natural (\$/m ²) | 58,5 | 39,4 | 36,5 | 28,5 |
| Riego (\$/m ²) | 14,5 | 14,6 | 12,3 | 11,2 |
| Mantenimiento general (\$/m ²) | 58,6 | 106,8 | 51,4 | 58,9 |
| Manejo de pavimentos duros (\$/m ²) | 156,3 | 100,9 | 308,4 | 114,8 |
| Manejo de pavimentos blandos (\$/m ²) | 29,4 | 34,6 | 36,5 | 45,1 |
| Aseo y limpieza (\$/m ²) | 15,7 | 50,9 | 18,4 | 17,3 |
| Mobiliario urbano (\$/unidad) | 3690,9 | 4413,6 | 2372,6 | 2961,2 |
| Manejo infraestructura (\$/m ²) | 268,4 | 419,8 | 289,3 | 195,8 |
| Manejo Edificaciones (\$/m ²) | 2588,0 | 1989,7 | 1717,2 | 1725,9 |
| Labores Estacionales (\$/m ²) | 19,2 | 13,9 | 22,8 | 16,8 |
| Labores Ocasionales (\$/m ²) | 21,7 | 43,5 | 14,3 | 23,4 |

La tabla anterior evidencia una heterogeneidad en los costos promedios de las labores de mantenimiento para las cuatro empresas estudiadas. No obstante, en algunas labores las diferencias no son tan notorias. Asimismo, se incluyen las hectáreas de PUT y PUN mantenidas, apreciando que la mayoría de las empresas mantiene más hectáreas de PUN que de PUT, debido exclusivamente a la relación de superficies entre los PUT y PUN, presentada con anterioridad (recordar que los PUN son 3 veces mayores en superficie que los PUT). La empresa Núcleo Paisajismo presenta el costo de mantenimiento mensual mayor que asciende a $\$389(\text{m}^2)^{-1}$, le sigue la empresa Parques Jhonson con un valor de $\$239(\text{m}^2)^{-1}$, Fray Jorge continúa con un valor de a $\$218(\text{m}^2)^{-1}$, finalmente Siglo Verde es la empresa que tiene el menor costo de mantenimiento con un valor de $\$178(\text{m}^2)^{-1}$, siendo 2,2 veces menor que el costo de mantenimiento de Núcleo Paisajismo. Esta jerarquía de

costos se conserva para las labores permanentes, de seguridad, de mantención vegetal, mantención general y labores ocasionales, invirtiendo este orden para las labores estacionales. El precio del mantenimiento del césped asciende a $\$444 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ en la empresa Núcleo Paisajismo, $\$405 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ en la empresa Parques Jhonson, $\$163 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ en la empresa Siglo Verde y $\$123 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ en la empresa Fray Jorge, siendo 3,6 veces mayor el costo de mantenimiento promedio del césped entre la empresa Núcleo Paisajismo y Fray Jorge.

Las Tabla 67 y Tabla 68 (véase anexo) tienen como finalidad demostrar la variabilidad entre los costos de mantenimiento para las principales labores de los parques, ofertados por las empresas licitadoras. La Tabla 67 compara las ofertas de licitación del Parque Cerros de Chena el año 2009 (menor costo de mantenimiento del PPU) y el Parque Lo Varas 2012 (Mayor costo de mantenimiento PPU), además se realizó una simulación de los menores costos de mantenimiento ofertados (Teórico menor – TEOMEN), con la finalidad de demostrar la posible disminución de costos de mantenimiento si existieran parámetros de referencia para el valor específico de las labores de mantenimiento. La Tabla 68 realizó un ejercicio similar para estudiar la variabilidad en dos licitaciones consecutivas de un parque efectuada por la misma empresa de mantenimiento, mostrando los porcentajes de variación entre licitación.

En la Tabla 67 (anexo) se aprecia que la empresa Siglo Verde se adjudicó la licitación de mantenimiento del Parque Cerros de Chena (PUN) el año 2009, presentando el menor valor total de costo de mantención estandarizado por superficie, con un valor de $\$84 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, le siguió la empresa Núcleo Paisajismo con un valor de $\$94 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ y finalmente la empresa Fray Jorge con un valor de $\$112 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$. El valor teórico menor es un valor referencial que simula una licitación efectuada con los menores valores ofertados para cada ítem y asciende al monto de $\$70 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, equivalente a una disminución del 20,0 % con respecto al valor ganador de la empresa Siglo Verde. El porcentaje de variación entre el mayor valor ofertado por Fray Jorge y el menor valor presentado por Siglo Verde equivale al 33,3 % para el Parque Lo Varas (PUT) la empresa ganadora correspondió a Núcleo Paisajismo con una oferta de $\$733 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, seguida por Parques Jhonson con una oferta de $\$862 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ y finalmente Siglo Verde con un valor de $\$867 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$. El valor teórico menor es $\$658 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$,

lo que representaría una disminución del 11,2 % con respecto al valor real. El porcentaje de variación entre la mayor y menor oferta efectuada es del 18,2 %.

Para el caso del mantenimiento del PUT Bernardo Leighton la empresa Siglo Verde se adjudicó la licitación del año 2009 con una oferta de $\$182 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, no siendo el menor valor ofertado que correspondió a la empresa Fray Jorge con un valor de $\$166 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, en contraposición a Núcleo Paisajismo que presentó el mayor valor de $\$206 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$. El valor teórico menor equivalió a $\$127 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ representando una disminución del 43,3 % con respecto al valor real. La diferencia entre la mayor y menor oferta licitada equivale al 24,1%. En la licitación siguiente del año 2011 Siglo Verde se adjudicó nuevamente la licitación con un valor ofertado de $\$196 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, le siguió Núcleo Paisajismo con un valor de $\$200 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, finalmente la empresa Fray Jorge con un valor de $\$222 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$. El valor teórico de mantención correspondió a $\$168 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ que equivalió a una disminución del 16,7 % con respecto al valor real de mantención. El porcentaje de variación entre los valores de la oferta mayor y menor equivalió al 13,3 %.

Al analizar la variación entre los costos de mantenimiento unitarios del año 2009, éstos fueron equivalentes a $\$182 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, y los costos de mantenimiento del año 2011 equivalentes a $\$196 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, se obtuvo un incremento del 7,7 % con respecto a la licitación anterior. Si se examinan detalladamente estos costos se obtiene que: la mantención vegetal – incluyendo el mantenimiento del césped y árboles y arbustos-, la mantención general- incluyendo aseo y limpieza, manejo de mobiliario e infraestructura-, las labores ocasionales y las utilidades se incrementaron parcialmente con respecto a la licitación anterior. En contraste, las labores de seguridad, riego y las labores ocasionales presentaron una disminución con respecto a la licitación del año 2009. Cabe notar, que el mayor incremento en la licitación del 2011 correspondió a un 460,4 % que se produjo en el mantenimiento del césped, llegando a ser el valor 5,6 veces mayor que en la licitación del 2009.

3.1.12 Simulación de metodología costo unitario para las planillas de itemizado de las licitaciones PPU

Las tablas que se presentan a continuación, muestran los resultados de una simulación de los costos de la labor de mantenimiento de césped para el parque André Jarlán empleando la metodología del costo unitario (mayores detalles véase metodología) en confrontación

con los actuales costos de la labor de mantención de césped asignados en las planillas de licitación mediante un método comparativo. En la Tabla 34 se calculó el valor de la mantención de 73574 m² de césped correspondiente al parque André Jarlan, empleando los valores y estándares referenciados en Falcón, (2007); Ingels, (2009) y Tampa, (2000), corregidos a los costos actuales. Se logró estimar un costo exacto de la mantención del césped equivalente a \$1048957 de pesos mensuales, y \$14,3 (m²)⁻¹ de costo unitario mensual. El costo total de la mantención del césped se obtuvo de la sumatoria de los costos parciales de las sublabores de corte y orillado, reposición y aireación del césped, siguiendo el formato de las bases de licitación. En la Tabla 34 se detallan las frecuencias de las labores, los costos asociados a los insumos, mano de obra y uso de equipos y herramientas (orilladora y cortadora).

Tabla 34. Método de costo unitario empleado para el cálculo de la labor de mantención de césped del parque André Jarlan (Fuente elaboración propia en base a Falcón (2007), Ingels, (2009) y Tampa, (2000)).

| Variables/labor | Costo unitario Mantención Césped | | |
|---|----------------------------------|------------|-----------|
| | Corte y orillado | Reposición | Aireación |
| Superficie labor (m ²) | 73.574 | 7.357 | 73.574 |
| Frecuencia al mes (n° veces) | 4 | 1 | 1 |
| Tiempo en minutos por cada 1000 m ² de labor por trabajador | 60 | 60 | 40 |
| Costo de equipos y herramientas por cada 1000 m ² de labor | 750 | 3.000 | 180 |
| Costo de insumos por cada 1000 m ² de labor por trabajador | 1.125 | 10.000 | 1.000 |
| Tiempo total para realizar la labor por cada vez (minutos) | 4.414 | 441 | 2.943 |
| Tiempo total mensual por labor | 17.658 | 441 | 2.943 |
| Trabajo efectivo del trabajador por jornada diaria (minutos);80 % de eficiencia jornada laboral | 384 | 384 | 384 |
| n° de trabajadores necesarios para completar la labor en una jornada | 11 | 2 | 8 |
| Total de horas mensuales labor | 294 | 7 | 49 |
| Precio promedio valor hora de trabajo (sueldo bruto de 300.000 por jardinero) | 1.705 | 1.705 | 1.705 |
| Costo mano de obra | 501.777 | 12.544 | 83.630 |
| Costo equipos y herramientas | 55.181 | 22.071 | 13.243 |
| Costo insumos | 235.438 | 51.499 | 73.574 |
| Costo total labor mensual | 792.396 | 86.114 | 170.447 |
| Costo total mensual mantención césped | | 1.048.957 | |
| Costo unitario mensual mantención césped | | 14,3 | |

La Tabla 35 da cuenta de los valores ofertados para la mantención del césped en la licitación de mantención del parque André Jarlan. Se compararon los valores ofertados por la empresa Fray Jorge (ganadora de la licitación) y su rival Siglo Verde, para los mismos

ítems de mantenimiento del césped. Para el caso de la sublabor de corte y orillado la empresa Fray Jorge presentó un costo (\$1,5 millones) que duplicó lo ofertado por Siglo Verde (\$ 770000), siendo los costos de mano de obra relativamente similares, pero la diferencia se estableció en los costos de equipos y herramientas, en donde Fray Jorge asignó un valor de \$600000 pesos y Siglo Verde \$50000. La sublabor de reposición presentó valores de costos relativamente cercanos a \$300 mil pesos, siendo las principales fuentes de variabilidad los valores asignados a equipos y mano de obra por parte de las empresas oferentes. La sublabor aireación equivalió al doble en Fray Jorge (\$330000) con respecto a Siglo Verde (\$160000), la principal diferencia se encontró en que la empresa Fray Jorge asignó un valor tres veces superior a la mano de obra en comparación a Siglo Verde. En síntesis, las principales diferencias en las sublabores equivalieron a un valor de corte y orillado 49 % más costoso en Fray Jorge; un valor de reposición un 8 % más costoso en Siglo Verde y un costo de aireación 52 % más caro en Fray Jorge. En términos generales, se obtuvo que el costo de mantención total del césped ofertado (y adjudicado) por Fray Jorge equivale a \$2090000 de pesos mensuales y Siglo Verde ofertó un valor total de \$1213000 de pesos mensuales, siendo un 42 % más económico y suponiendo un ahorro en efectivo de \$877000, en caso de haber sido adjudicado.

Tabla 35. Valores ofertados para la labor mantención de césped en la licitación del parque André Jarlán 2012 basados en el método de costo

| Ítem | Fray Jorge (ganadora) | | | Siglo Verde | | |
|--|-----------------------|---------------|-----------|------------------|-----------------|-----------|
| | Corte y orillado | Reposición | Aireación | Corte y orillado | Reposición | Aireación |
| Mano de obra | 900.000 | 80.000 | 150.000 | 720.000 | 240.000 | 50.000 |
| Equipos y herramientas | 600.000 | 40.000 | 80.000 | 50.000 | 30.000 | 30.000 |
| Insumos | - | 140.000 | 100.000 | | 13.000 | 80.000 |
| Costo total mensual de labor | 1.500.000 | 260.000 | 330.000 | 770.000 | 283.000 | 160.000 |
| Costo total mensual mantención césped | | 2.090.000 | | | 1.213.000 | |
| Costo unitario mensual mantención césped | | 28,4 | | | 16,5 | |
| % Diferencia labor | 49 % + | 8 % - | 52 % + | 49 % - | 8 % + | 52 % - |
| % Diferencia total mantención césped | | 42 % Más caro | | | 42 % Menos caro | |
| Ahorro en dinero | | | | | | 877.000 |

La Tabla 36 contrasta los valores finales obtenidos mediante los dos métodos presentados, el de costos unitarios simulados en la Tabla 34 y los costos ofertados en la licitación descritos en la Tabla 28. Se pudo constatar que el método comparativo tuvo un costo subtotal de la mano de obra 47 % más costoso que el método de costo unitario, un 87% más caro para el ítem equipos y herramientas y un 33% más económico para el subtotal de insumos, siendo la mantención total del césped un 50 % más costosa que el método de costo unitario, lo cual podría significar un ahorro de \$1041043 pesos mensuales. Asimismo, se detallaron aspectos cualitativos de los métodos relacionados con los esfuerzos iniciales de asignación de valores que resultó ser alto en el método de costo unitario y bajo en el método comparativo. La asignación de valores fue arbitraria en el método comparativo y cuantitativa en el método de costo unitario. Los criterios para asignar valores correspondieron a una estimación cualitativa en el método comparativo y una recolección de datos empíricos en el método de costo unitario. Finalmente, el error en la estimación de costos fue elevado en el método comparativo y bajo en el método de costos unitarios.

Tabla 36. Resumen de los métodos para estimar los costos de mantenimiento y la diferencia entre los valores de los costos asignados (Fuente: Elaboración propia)

| Item | Comparativo | Unitario |
|--|------------------------|-----------------------------|
| Costo subtotal mano de obra (\$) | 1.130.000 (47 %+) | 597.951 |
| Costo subtotal equipos y herramientas (\$) | 720.000 (87 %+) | 90.495 |
| Costo subtotal insumos (\$) | 240.000 (33 %-) | 360.511 |
| Costo total mensual mantención césped (\$) | 2.090.000 | 1.048.957 |
| Porcentaje de ahorro | 0,50 | |
| Valor del ahorro (\$) | 1.041.043 | |
| Esfuerzo inicial para asignar valores | Bajo | Alto |
| Asignación de valores | Arbitrario | Cuantitativo |
| Método para asignar valores | Estimación comparativa | Recolección datos empíricos |
| Errores de estimación de costos | Alto | Bajo |

3.1.13 Comparación gestión MINVU 2014

La Tabla 69 (véase anexo) resume la variación entre los costos de mantención unitarios mensuales de los parques del PPU para el periodo 2012-2014. En términos generales, se pudo constatar que entre el periodo 2012-2014 los parques urbanos del PPU incrementaron

sus costos en un 16,9 %, correspondiendo a los PUT un incremento del 11,2 % y a los PUN un 59,8 % de incremento. Esta variación significó económicamente casi \$ 600 millones de pesos adicionales. En el periodo 2014-2012 los parques que más incrementaron sus costos de mantención fueron Mahuidahue (119,4%), Cerro de Chena (58,3 %), Violeta Parra (53,4 %;), Lo Varas (40,7%) y Quebrada Macul (40,2 %). Por el contrario, dos parques disminuyeron significativamente sus costos de mantención: La Castrina (-40,8 %) y Peñalolén (-23,6%). Los detalles de los valores unitarios y sus porcentajes de incrementos para cada parque se pueden revisar en Tabla 69 (véase anexo).

La Tabla 70 (véase anexo) plantea una simulación de los costos de mantenimiento unitarios de los parques del PPU basados exclusivamente en los reajustes de IPC anuales (según se especifica en las bases de licitación) para los años 2013 y 2014 y compara la diferencia con los valores reales presentados en la en Tabla 69 (véase anexo). El periodo 2012-2013 presentó una variación un 2 % sobre el IPC anual (1,7 % IPC) en los valores totales de los parques del PPU, en el caso de los PUT el incremento fue de 0,3 % sobre el reajuste del IPC y 7,1 % en los PUN. El parque Mapuhue fue el que presentó una mayor variación sobre el IPC (29,6 %) y el parque Peñalolén disminuyó un 59% por debajo del valor del IPC. El periodo 2013-2014 manifestó una variación mayor sobre el IPC (3,2 % IPC 2013-2014) que el periodo anterior, ya que el total de parques alcanzó una variación promedio de 14,7 % sobre el IPC, siendo de 45 % para el caso de los PUN y de 5,3 % para el caso de los PUT. Los parques que experimentaron mayor variación sobre el IPC fueron el Mahuidahue (120 %) y el Peñalolén (75,9 %). El parque La Castrina fue el que mayor disminución bajo el IPC experimentó (-55,1 %). En términos financieros, las variaciones sobre los % de IPC para el periodo 2014-2013 significaron un costo de casi 424 millones adicionales en la gestión de los parques del PPU, en comparación a los costos reajustados y simulados según el IPC.

Finalmente, en la Tabla 37, se analizaron y compararon los principales costos de mantenimiento del parque Renato Poblete (2014-2015) y el valor promedio de los parques del PPU al año 2012, en conjunto con variables generales, arquitectónicas y vegetales y las diferencias en la gestión.

Los costos de construcción del parque Renato Poblete (de ahora en adelante RP) fueron 17,5 veces mayores que el costo de construcción promedio de los parques del PPU al año 2012. La inclusión en el diseño de las zonas de biotopo presentó una leve mejora con respecto a los parques del PPU, ya que se incluyeron en el parque RP algunos biotopos (no sucesionales) de uso exclusivo de paseo, sin embargo no se aprovechó la oportunidad de diseñar la laguna del parque como un ecosistema de humedal, sino que se privilegió la laguna como espejo de agua (uso ornamental) y soporte recreativo para actividades náuticas (navegación). La eficiencia energética (reducción del consumo eléctrico) y la eficiencia hídrica presentaron mejoras moderadas en relación a la gestión de los parques del PPU al año 2012, incorporando nuevas tecnologías en luminarias y en los sistemas de riego que permitieron economizar recursos en el parque RP. El porcentaje de flora nativa en el parque RP alcanzó un 21 %, presentando un déficit de un 20% en relación al porcentaje promedio de flora nativa de los parques del PPU (26 %). La especie arbórea dominante en el parque RP, con una mayor abundancia relativa, corresponde a *Platanus orientalis* var. *acerifolia*, resultado similar al promedio de Parques PPU. La superficie del parque RP (15,5 ha) casi duplicó la superficie promedio del PPU al año 2012 (8,8 ha). En el parque RP el costo total de mantención mensual aumentó 5,8 veces en relación al promedio del PPU del año 2012 y los costos de mantención mensual unitaria tuvieron un incremento de un 130 %, en comparación con los costos promedios del PPU. Los costos de seguridad unitarios del parque RP se incrementaron en un 106 % en contraste con el promedio del PPU del 2012. Los costos unitarios de las labores permanentes y ocasionales se incrementaron, en el parque RP, un 160 % y 66%, respectivamente, por otra parte las labores estacionales disminuyeron en un 17 % en el parque RP. La superficie de césped del parque RP arrojó un valor de 2,5 ha, ligeramente superior a las 2,1 ha de superficie de césped promedio en los parques del PPU. No obstante, el porcentaje de césped disminuyó considerablemente en un 45 %, ya que el promedio de porcentaje de césped fue de 29,5 % en los parques del PPU y en el parque RP esta variable arrojó un valor del 16%. Del mismo modo, los costos de mantención del césped disminuyeron en un 56 % en la gestión del parque RP. La superficie de cubresuelos alcanzó un valor de 3,1 ha en el parque RP, siendo 50 veces superior al valor promedio de cubresuelos de los parques del PPU (0,06 ha). Asimismo, el porcentaje de cubresuelos aumento 10 veces en el parque RP, en contraste con el PPU. También cabe

señalar, que el parque RP mejoró considerablemente la eficiencia en el gasto de mantención de los cubresuelos, disminuyendo un 88%, en contraposición con el promedio de los gastos del mantención de cubresuelos de los parques del PPU. El costo unitario de mantención de aseo y limpieza disminuyó 13 veces en el RP y el valor de manejo de infraestructura se incrementó 14 veces. El costo de riego disminuyó un 64 % en la gestión del parque RP.

Los costos de mantención unitaria de árboles y arbustos del parque RP se incrementaron en un 161 %, en comparación a los parques del PPU. Finalmente, la densidad arbórea disminuyó en un 60 % en el parque RP (113 árboles en una hectárea de parque), en contraposición a los parques del PPU (285 árboles en una hectárea de parque).

Tabla 37. Comparación entre la gestión de mantenimiento Parque Fluvial Renato Poblete 2014 (MINVU) y el promedio de los parques del PPU al año 2012.

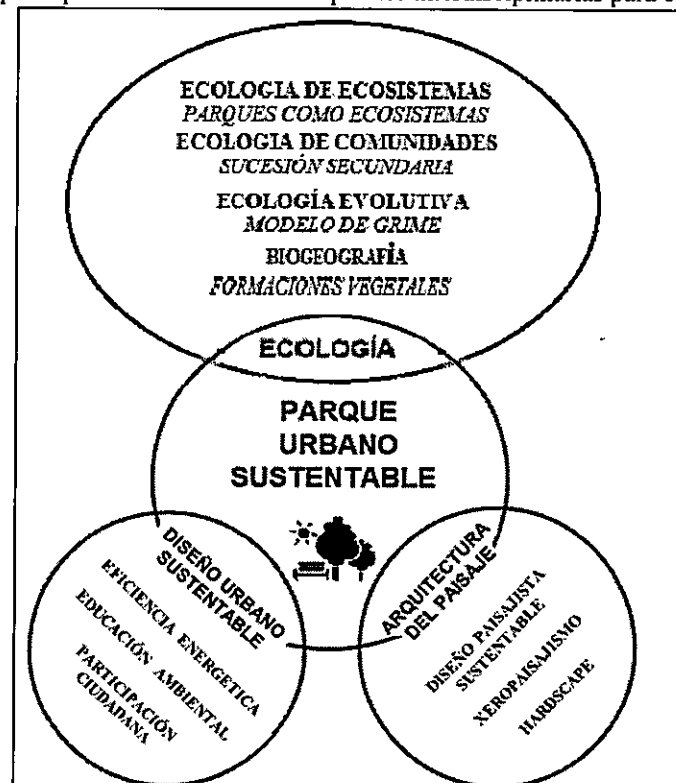
| Variables | Renato Poblete | Promedio PPU 2012 | Diferencias gestión |
|---|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| Costo de construcción (M\$) | 17.500 | 1.000 | 17,5 veces mayor |
| Diseño de biotopos zonas de paseo | Leve | Ausente | Mejora leve |
| Laguna diseñada como ecosistema | Ausente | Ausente | - |
| Eficiencia energética (electricidad) | Moderada | Leve | Mejora moderada |
| Eficiencia hídrica | Moderada | Leve | Mejora moderada |
| % Flora nativa | 21 | 26 | Déficit 20 % |
| Especie arbustiva dominante | <i>Platanus orientalis</i> | <i>Platanus acerifolia</i> | - |
| Superficie (ha) | 15,5 | 8,8 | - |
| Mantención mensual (M\$) | 108,5 | 18,6 | Aumento 5,8 veces |
| Mantención unitaria (\$ *(m ²) ⁻¹) | 700 | 304 | Aumento un 130 % |
| Mantención unitaria seguridad (\$ *(m ²) ⁻¹) | 194 | 94 | Aumento 106 % |
| Mantención unitaria labores permanentes (\$ *(m ²) ⁻¹) | 687 | 264 | Aumento 160 % |
| Mantención unitaria labores ocasionales (\$ *(m ²) ⁻¹) | 49 | 29,5 | Aumento 66 % |
| Mantención unitaria labores estacionales (\$ *(m ²) ⁻¹) | 13 | 15,6 | Disminución 17 % |
| Superficie de césped (ha) | 2,5 | 2,1 | - |
| % de césped | 16 | 29,1 | Disminución 45 % |
| Mantención unitaria césped (\$ *(m ²) ⁻¹) | 175,7 | 397 | Disminución 56 % |
| Superficie de cubresuelos (m ²) | 31.000 | 621 | Aumento 50 veces |
| % Cubresuelos | 20 | 2 | Aumento 10 veces |
| Mantención unitaria de cubresuelos (\$ *(m ²) ⁻¹) | 72 | 621 | Disminución 88% |
| Aseo y limpieza unitaria (\$ *(m ²) ⁻¹) | 28 | 32 | Disminución 13% |
| Mantención unitaria infraestructura (\$ *(m²)⁻¹)* | 151 | 11 | Aumento 14 veces |
| Riego unitario | 13 | 36 | Disminución 64 % |
| Mantención de árboles y arbustos unitario | 1.196 | 458 | Aumento 161% |
| Densidad arbórea (n° de árboles y arbustos *(ha) ⁻¹) | 113 | 285 | Disminución 60% |

Nota: * El costo de mantención de infraestructura asciende a los 23,4 (\$ 23.436.908) millones de pesos mensuales, el precio ofertado para el mismo ítem por la empresa competidora Fray Jorge S.A. es de \$640.000, siendo 37 veces más costoso que el ofertado y adjudicado por la empresa Núcleo Paisajismo.

3.2 Herramientas conceptuales de ecología para el diseño de parques urbanos sustentables (PUS)

El diseño de parques urbanos sustentables considera herramientas conceptuales interdisciplinarias provenientes de la ecología, diseño urbano sustentable y arquitectura del paisaje. Estas herramientas aplicadas de manera planificada y conjunta permiten abordar las problemática de optimizar la provisión de servicios ecosistémicos y minimizar los costos de mantenimiento de los parques urbanos. Asimismo, es posible optar por al menos tres tipologías de diseño que priorizan una combinación particular de variables ecológicas y objetivos socioculturales, existiendo parques urbanos sustentables de carácter sucesional, de eficiencia energética (hardscape- superficies duras) y de diseño de biotopos (en la próxima sección se presentaran). La Tabla 72 (véase anexo) y la Figura 20 sintetizan el aporte de estas herramientas y su aplicación en la planificación y diseño de un PUS

Figura 20. Síntesis de las principales herramientas conceptuales interdisciplinarias para el diseño de un PUS



3.2.1 Herramientas conceptuales provenientes de la ecología

3.2.1.1 Ecología de ecosistemas: Caracterización ecosistémica de un parque urbano

La caracterización de un parque urbano desde la perspectiva ecosistémica es una herramienta conceptual (Cadenasso y Pickett, 2008; Erden, 2012) que nos permite comprender las dinámicas de sus procesos internos y su relación con la provisión de servicios ecosistémicos para la comunidad, posibilitando la formulación de estrategias ecológicas para disminuir sus costos de mantenimiento, transformándolo en un parque sustentable.

La perspectiva ecosistémica permite comprender que los parques son sistemas socio-ecológicos complejos conformados por un subsistema social (usuarios del parque, comunidad, gobiernos locales y empresas) y un sub sistema ecológico (biodiversidad, elementos vegetales) que interactúan mediante la provisión de múltiples servicios ecosistémicos (véase Tabla 1). Asimismo, el subsistema social tiene componentes múltiples, algunos generan perturbaciones como los usuarios que cometen actos de vandalismo en contra de la infraestructura del parque, tanto vegetal como material. En cambio, otros subdominios como los gobiernos locales y actores privados (empresas) pueden contribuir al mantenimiento del parque para preservar su funcionalidad.

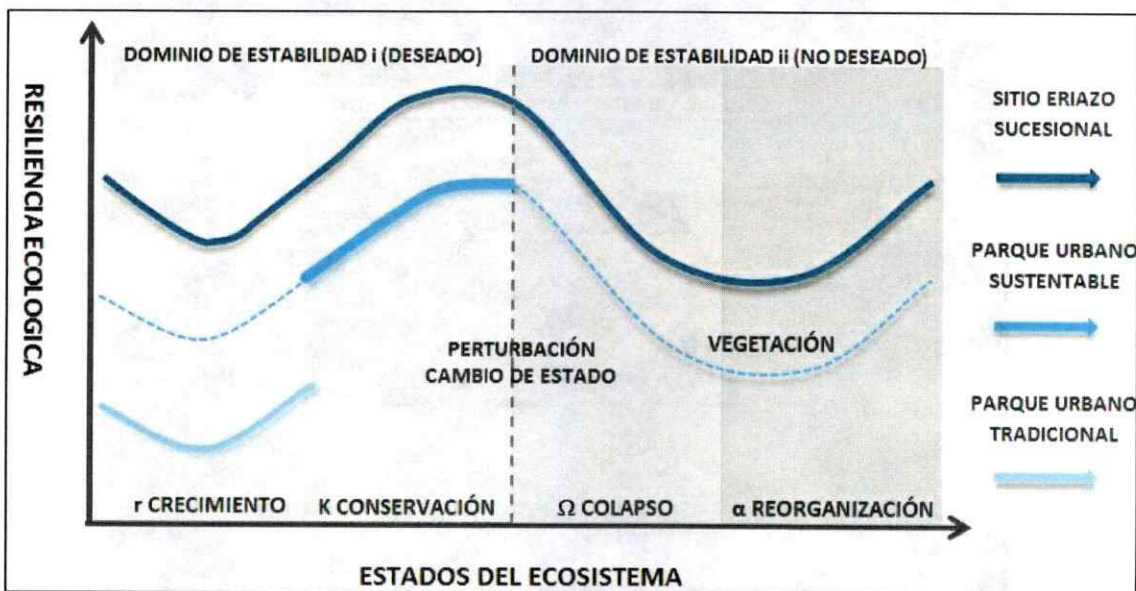
Los ciclos adaptativos permiten comprender la dinámica de los parques urbanos, la Figura 21 caracteriza los parques urbanos tradicionales, sustentables y sitios eriazos en función de la resiliencia de estos y su estado ecosistémico.

(1) Los parques urbanos se mantienen en una fase de crecimiento del sistema (r) debido al impacto que tiene el mantenimiento sobre la vegetación, ya que mediante un régimen de perturbaciones controladas (mantenimiento) se restringe el crecimiento del sistema vegetal del parque en oposición a la dinámica de un ecosistema natural (Trepl, 1995; Niemala, 1999), por lo tanto al no establecerse relaciones ecológicas perdurables entre los componentes (principalmente vegetales) del parque urbano, entendido como un sistema socioecológico, tiene poca resiliencia ante una perturbación mayor que implique la cesación del mantenimiento, ya sea por razones de reajuste presupuestario o abandono por parte de la institución responsable del mantenimiento.

(2) Los parques urbanos sustentables por efecto del diseño ecológico y manejo sucesional permanecen en un estado de conservación (K), en donde se establecen relaciones ecológicas sostenibles entre sus componentes y se producen múltiples procesos redundantes que permiten establecer un equilibrio dinámico en la provisión de servicios ecosistémicos, siendo resilientes ante perturbaciones. Las labores de mantenimiento en estos parques preservan el estado deseable para que el sistema no transite hacia estados no deseables en donde se altere la provisión de servicios ecosistémicos, pero también es posible que el componente vegetal del parque efectúe el ciclo adaptativo completo (ver Figura 21), sin comprometer el estado deseable del parque (Lister, 2007).

(3) Finalmente los sitios eriazos sucesionales urbanos transitan por todos los ciclos adaptativos, siendo ecológicamente más resilientes ante perturbaciones que los otros sistemas, ya que por cada ciclo la capacidad adaptativa del sistema aumenta. Pero (como se verá en detalle en el índice de sustentabilidad), estos espacios tienen un escaso valor social, ya que no contribuyen a los servicios ecosistémicos culturales.

Figura 21. Ciclos adaptativos para un parque urbano tradicional, sustentable y un sitio eriazo sucesional.



La Figura 22 ejemplifica la transición de los estados del ecosistema en su variación temporal para la estaciones de verano –invierno en climas mediterráneos, con estaciones acentuadas. Se aprecia que el parque André Jarlan, un parque urbano tradicional de

Santiago, no presenta cambios de estados en su vegetación en el transcurso del año, debido a que el mantenimiento mantiene al sistema en una fase de permanente crecimiento. El High Lines Park de Nueva York es un parque urbano sustentable construido sobre una antigua vía de ferrocarriles y presenta una variación estacional en la vegetación, donde esta transita por distintas fases ecosistémicas desde el crecimiento hasta la reorganización, sin interferir en el ámbito social del parque y los servicios ecosistémicos que genera. Un sitio eriazo en la comuna de San Bernardo ilustra la transición del ecosistema desde sus fases de crecimiento hasta la reorganización, pasando por los dominios deseables y no deseables, al no incluir el componente social en su estructura.

Figura 22. Ejemplificación de los cambios de estado en parque urbano tradicional, sustentable y sitio eriazo



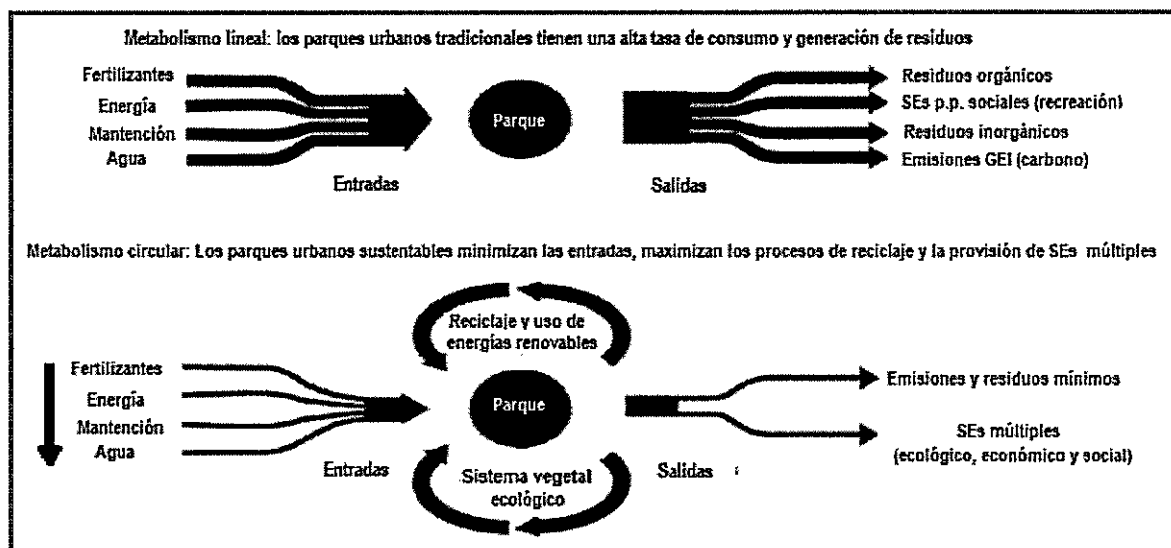
Desde la perspectiva ecosistémica también es posible abordar el mantenimiento en función del metabolismo de un parque urbano, entendido como los mecanismos y procesos de

transformación de flujos de materiales y energías, entre el entorno y el parque. La Figura 23 muestra un esquema que compara el parque urbano tradicional con el parque urbano sustentable en términos del metabolismo urbano. En el caso del parque tradicional, se comprende mejor desde la perspectiva del metabolismo lineal, es decir que el sistema tiene una alta tasa de consumo de entradas de fertilizantes, energía, trabajo de mantención y agua, generando, dadas sus dinámicas internas, residuos orgánicos e inorgánicos, emisiones GEI (gases de efecto invernadero) y servicios ecosistémicos principalmente del tipo social (recreación y deportes), siendo poco sustentable.

En contraste, el parque urbano sustentable se ajusta a una dinámica de metabolismo circular, en la que se minimizan las entradas de fertilizantes, energía, trabajo de mantención y agua, ya que el sistema recicla y reutiliza sus residuos (aguas grises), generando su propia energía mediante el uso de energías renovables (paneles fotovoltaicos e híbridos de energía eólica), del mismo modo, el sistema vegetal, al ser diseñado desde los principios ecológicos, funciona como un ecosistema que minimiza la entrada de nutrientes y genera sus propios nutrientes debido a los procesos ecosistémicos; en el caso de las salidas se minimizan la generación de emisiones GEI y residuos orgánicos e inorgánicos, así como se maximiza la generación de múltiples servicios ecosistémicos no solamente circunscritos a la recreación y deportes (servicios ecosistémicos culturales, ecológicos, económicos, entre otros) (Meijer et al., 2001; Beck, 2013).

Para conocer en detalle las dinámicas y flujos de ingreso y salidas de materiales y energía de los parques urbanos, asociados a sus labores de mantenimiento y efectos ecosistémicos se pueden revisar las Tabla 73 y Tabla 74 en el anexo.

Figura 23. Modelo conceptual de la sustentabilidad de los parques urbanos desde la perspectiva del metabolismo urbano (Fuente: modificado de Meijer et al., 2011)



3.2.1.2 Ecología de comunidades: sucesión secundaria y diseño de parques

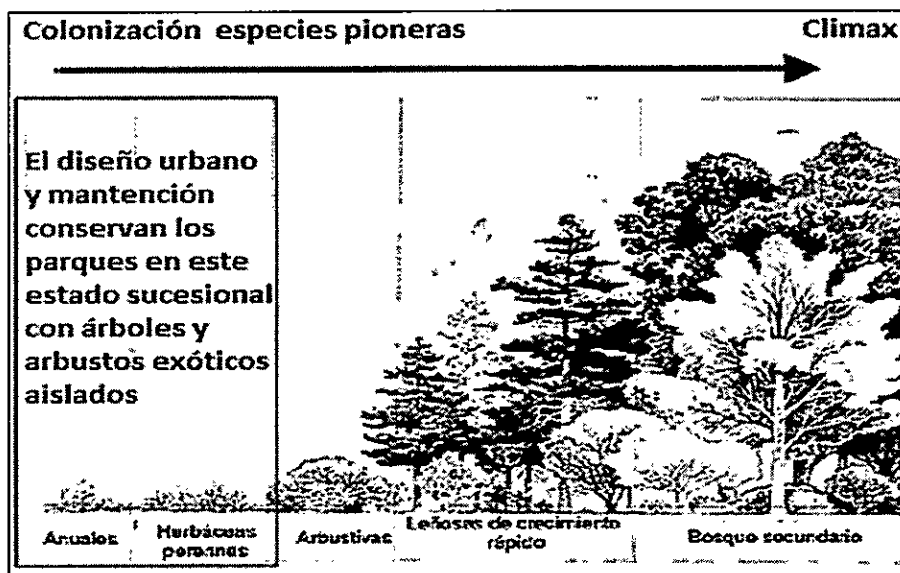
Los parques urbanos comúnmente se pueden situar en entornos naturales periurbanos altamente intervenidos o en sectores urbanos céntricos, asociados a grandes sitios eriazos que han sufrido un cambio de uso de suelo reciente (Falcón, 2007; Hough, 2004). Los procesos de urbanización generaron severas perturbaciones en los sistemas naturales preexistentes transformando permanentemente su estructura y restringiendo su representatividad espacial y condicionando la aparición de un nuevo ambiente urbano (Sukopp y Wittig, 1998; Pickett et al., 2001; Marsh, 2005; Romero y Vásquez, 2005). Por ende un parque urbano sustentable, deberá ser diseñado considerando este nuevo medio ambiente urbano y la generación de biotopos funcionales con estructuras y composiciones similares a los ecosistemas locales originales, deberá ser diseñada según los principios de la sucesión ecológica secundaria.

Las sucesiones ecológicas secundarias son los cambios temporales que se presentan en la estructura de las comunidades, composiciones taxonómicas y las funciones de un ecosistema después de sufrir una perturbación (Whitmore, 1978; Pickett y White, 1985; Bazzaz, 1996; Morin, 1999; Laska, 2001). Los cambios ecológicos y la velocidad que sufren los ecosistemas en sucesión dependen de las características de la perturbación (extensión, intensidad y frecuencia), la disponibilidad de propágulos regenerativos

(semillas y plántulas de origen foráneo y local), del ambiente biótico (depredadores, granívoros, herbívoros, patógenos y parásitos, entre otros) y de las condiciones abióticas prevaletentes en el sitio perturbado (Grubb, 1985; Pickett y White, 1985, Pickett et al., 1987).

La sucesión ecológica secundaria transita por distintas fases (ver Figura 24) desde las fases iniciales de ecosistema inmaduro caracterizado por la colonización de especies vegetales pioneras de plantas anuales y herbáceas perennes que facilitan las condiciones para la aparición de especies arbustivas más longevas del tipo matorral, para dar paso a leñosas de crecimiento rápido y finalmente alcanzar un clímax de bosque secundario, estos cambios en la estructura vegetal van acompañados del establecimiento de comunidades de animales adaptados a las distintas fases de la sucesión (Hough, 2004; Monsalve, 2010). En la medida que avanza la sucesión se crean nichos ecológicos que proveen recursos para distintos tipos de organismos especializados y con adaptaciones consistentes con el ecosistema, hasta llegar a un clímax en donde el ecosistema es maduro y está en un estado equilibrio ecológico dinámico (Pickett y White, 1985).

Figura 24. Estadios de la sucesión secundaria en ecosistemas (Fuente: Modificado de Monsalve, 2010)



Los factores que influyen la composición de plantas y animales en el curso de los procesos de sucesión secundaria en medio ambiente urbano son: el clima, la intensidad y tipo de uso del suelo preexistente y posterior al sitio erizado, efectos del vecindario, grado

de impermeabilidad del suelo, factores de localidad (en relación a zonas periurbanas y ecosistemas rurales) y extensión del sitio eriazo (Dettmar, 1995; Rebele y Dettmar, 1996).

En el establecimiento de un ecosistema urbano sucesional deben generarse diversos mecanismos ecológicos acoplados (Tabla 38), en donde también las interacciones planta-animal desempeñan un rol importante en la composición y estructura de un ecosistema sucesional secundario (Zamora et al., 2010). Estas interacciones, como la herbivoría, pueden ser negativas o positivas dependiendo de su influencia en el éxito reproductivo de las distintas fases de la sucesión vegetal, como a su vez las interacciones planta – planta son dinámicas y pueden transformarse desde interacciones de facilitación a competición en la medida que se transformen las condiciones ambientales (Zamora et al., 2010), por lo tanto una manejo de la sucesión deberá incluir estas interacciones y mecanismos ecológicos (Dunnet y Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Kowarik y Langer, 2005; Weiss et al., 2005; Kühn, 2006; Pop (Boancă) et al., 2011; Da y Song, 2008).

Tabla 38. Síntesis de los mecanismos de sucesión ecológica en ambientes urbanos (Fuente: Bradshaw, 2003)

| Atributo del ecosistema | Procesos involucrados |
|---|---|
| Colonización por especies pioneras | Inmigración de especies de plantas
Establecimiento de estas especies de plantas adaptadas a las condiciones locales |
| Crecimiento y acumulación de recursos | Estabilización de la capa superficial del suelo y acumulación de minerales
Acumulación de nutrientes, particularmente nitrógeno
Acumulación de materia orgánica |
| Desarrollo del ambiente físico | Inmigración de flora y fauna del suelo (e.g. insectos detritívoros, microflora) que generan un cambio en la estructura y composición fisicoquímica de este. |
| Desarrollo de procesos de reciclaje de nutrientes | Desarrollo de la micro flora y fauna del suelo restaurando los ciclos de reciclaje mineral |
| Aparición de procesos de sustitución de especies | Interacciones positivas planta-planta por facilitación.
Interacciones negativas por competición de recursos. |
| Desarrollo completo del ecosistema | Mayores crecimiento e incremento de biodiversidad y biomasa
Nuevas inmigraciones, incluidos especies invasoras |
| Detención de las sucesión | Efecto ante perturbaciones externas
Reducción del desarrollo |
| Diversificación final | La ciudad vista como un mosaico de ambientes (biotopos)
Alta biodiversidad como resultado |

Los métodos de forestación urbana basados en el manejo de la sucesión natural pueden incrementar su velocidad, a diferencia de la sucesión natural espontánea en condiciones urbanas que podría tardar cientos de años en llegar la etapa de clímax, mediante técnicas que restauren el suelo y su composición orgánica; controlando las condiciones de humedad;

recolectando y dispersando semillas de flora nativa; cultivando los propágulos y plántulas en macetas de plástico, el proceso se puede acelerar y crear una comunidad estable en pocos años (ver Figura 25) (Da y Song, 2008).

Figura 25. Forestación de un bosque urbano mediante un método sucesional en un sitio de 3000 m² en la ribera del río Zhangjiabang en Shangai- China; la imagen A ilustra la plantación inicial en Junio del 2001, la figura B muestra el mismo sitio cuatro años después en Junio del 2004 (Fuente: Da y Song, 2008).



El método de sucesión natural se basa en la teoría de sucesión ecológica secundaria con el objetivo de restaurar la vegetación nativa local, disminuir los costos de mantenimiento e incrementar los servicios ecológicos de los bosques urbanos (Fujiwara, 1997; Miyawaki, 1998; Wang et al., 2002; Da y Song, 2008). Este método consiste de cinco fases (Miyawaki, 1998):

- I. Estudio de la vegetación nativa y cartografías: Para tener una referencia de las formaciones locales y sus asociaciones naturales.
- II. Selección de especies vegetales: Seleccionar aquellas especies arbóreas y arbustivas que permitan formar más rápidamente la estructura del bosque.
- III. Recolección de semillas y cultivo de plántulas: La recolección y tratamiento de las semillas se realizará de acuerdo con las condiciones reproductivas de la especie.
- IV. Preparación del terreno y plantación: Se deberá reproducir la estructura física química del suelo lo más similar, en la medida de lo posible, del suelo original.

- V. **Mantenimiento:** Se aplica los primeros años, hasta los 5 años aproximadamente, y consiste en el desbroce o eliminación de competencia, riego y fertilización de algunos ejemplares.

Debido a los servicios ecosistémicos que generan los bosques urbanos sucesionales se han promovido en Shangai como un tipo de área verde modelo para contribuir a la sustentabilidad de la ciudad (Da y Song, 2008). El mantenimiento con posterioridad a la fase inicial (uno a cuatro años) va disminuyendo considerablemente, ya que el bosque urbano se acerca a una etapa de ecosistema maduro, donde se puede automantener, por lo que las labores se limitan al desbroce de hierbas cada dos o tres años (Da y Song, 2008; Hough, 2004) . Los costos asociados a las etapas iniciales del modelo de forestación por sucesión natural son menores en comparación al desarrollo de un parque urbano tradicional y el trasplante de especies desde viveros comerciales (Da y Song, 2008). El potencial de crecimiento vegetal esta optimizado de acuerdo a las condiciones del sitio y los costos de mantenimiento son mucho menores que los de un parque urbano tradicional (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Miyawaki, 1998; Dunnet y Hitchmough, 2004)

3.2.1.3 Ecología evolutiva: Modelo de Grime para la selección de especies vegetales

El modelo de Grime es una herramienta ecológica, proveniente de la ecología evolutiva, que permite clasificar las especies vegetales en función de sus estrategias adaptativas a lo largo del ciclo de vida de los organismos (Grime, 1974; 2001).

Los factores externos que limitan la cantidad de material vivo y muerto presente en un determinado ambiente pueden ser clasificados en dos categorías. La primera, puede ser definida como estrés el cual consiste en cualquier fenómeno que disminuya la producción fotosintética debido a alteraciones en el suministro de materia y energía (Beck, 2013; Dunnet y Hitchmough, 2004). La segunda, incluye los disturbios (perturbaciones), los cuales están asociados a la destrucción parcial o total de la biomasa vegetal por la acción de herbívoros, agentes patógenos, erosión del suelo, fuego, entre otros (Beck, 2013; Dunnet y Hitchmough, 2004).

De parte de los organismos, estos pueden responder al estrés efectos con respuestas elásticas o plásticas, en el primer caso la función del organismo retorna al nivel óptimo

cuando las condiciones retornan a la normalidad o a la condición previa a la aparición del estrés. En el segundo caso no hay un retorno a la condición previa. Dentro de las respuestas plásticas se encuentran las adaptaciones a temperaturas elevadas, limitación del agua o alta concentración de sales (Dunnett, 2004; Beck, 2013). Dentro de las respuestas elásticas se encuentran los cambios en la fotosíntesis debido a la reducción del nivel de luz. El organismo puede evitar o tolerar el estrés. En la primera estrategia el organismo responde reduciendo el impacto del factor, como aumentar la eficiencia de la asimilación de agua en el desierto. En la tolerancia se adapta a sobrevivir en las condiciones dadas (Jordan, 2011; Moreno, 2009; Dunnett, 2004;).

En el espectro de los hábitats vegetales, la superficie de la tierra varía en relación a la intensidad del estrés y de los disturbios. Sin embargo, al analizar las cuatro permutaciones entre alto y bajo estrés, alto y bajo disturbio, aparentemente en tres de estas posibilidades pueden existir ambientes con vegetación. En ambientes con grandes disturbios y efectos de estrés continuo y severo, se impide la rápida recuperación y el re-establecimiento de la vegetación (Binelli et al., 2001).

En la evolución de las estrategias adaptativas se han identificados tres tipos, competidores que se encuentran en ambientes con bajo estrés y bajo disturbio (estrategia C); tolerantes al estrés que habitan en condiciones de elevado estrés y bajo disturbio (Estrategia S), y las ruderales adaptadas a condiciones de bajo estrés y alto disturbio (Estrategia R) (Grime, 2001, 2006).

Las especies competidoras poseen un conjunto de características genéticas que permiten una alta adquisición de recursos en asociaciones vegetales productivas y con una gran densidad. Las características competitivas relevantes son el aumento del dosel y del área de las raíces superficiales en la época más favorable para el crecimiento y ajustes morfogénicos que permitan la ubicación de los fotosintatos en las raíces y órganos aéreos (Dunnet y Hitchmough, 2004; Grime, 2001, 2006).

Las especies tolerantes al stress presentan una longevidad mayor y un conjunto de características que incluye bajas tasas de crecimiento, hábito perenne, órganos de larga vida, secuestro y bajas tasas de renovación de carbono, nutrientes minerales, agua, floración

infrecuente y la presencia de mecanismos que permitan la entrada de recursos durante las escasas condiciones favorables (Grime, 2001). Esto implica la presencia de hojas funcionales y raíces durante la mayor parte del año. Las características de crecimiento de estas especies condicionan una alta vulnerabilidad frente a daños físicos. En este sentido, presentan bajas tasas de recuperación a la defoliación, por ello estas especies presentan una serie de mecanismos que hacen menos vulnerable la presión de herbivoría como espinas o una reducción de la palatabilidad (Dunnet y Hitchmough, 2004; Grime, 2001; Beck, 2013).

Las especies ruderales tienen como característica más relevante la tendencia hacia un ciclo de vida anual o de corta duración, lo cual es interpretado como una clara adaptación a colonizar ambientes intermitentemente favorables para un rápido crecimiento vegetal. Otra característica de las ruderales es la capacidad de altas tasas de producción de materia seca, una característica asociado con su ciclo de vida y que maximiza la producción de semillas. En muchas especies de ruderales la floración comienza muy temprano en el desarrollo y los procesos de maduración de las semillas pueden ser extremadamente rápidos (Dunnet y Hitchmough, 2004; Grime, 2001; Beck, 2013).

En síntesis, la respuesta al estrés de las ruderales es maximizar la producción de semillas, mientras que la de los competidores es maximizar la captura de recursos, y la de los tolerantes al estrés es la conservación de los recursos incorporados. La Figura 26 muestra una clasificación de la biodiversidad vegetal urbana basada en el modelo de Grime, se puede apreciar que entre las formaciones vegetales tolerantes al estrés, destacan la vegetación de muros, techos verdes y flora de bosquetes urbano; entre las especies competidoras se destacan las praderas de sitios eriazos y céspedes sin recorte; como ruderales destacan los césped y macizos florales de áreas verdes tradicionales, sometidos a constantes perturbaciones por efectos del mantenimiento.

La Tabla 39 sintetiza las características del modelo de Grime, la flora asociada, sus usos en paisajismo urbano, el mantenimiento y las labores, con respectivos ejemplos de especies (Zimmerman et al., 2012).

Figura 26. Estrategias adaptativas según el modelo de Grime aplicadas a la vegetación urbana (Fuente: Modificado de Dunnet y Hitchmough, 2004)

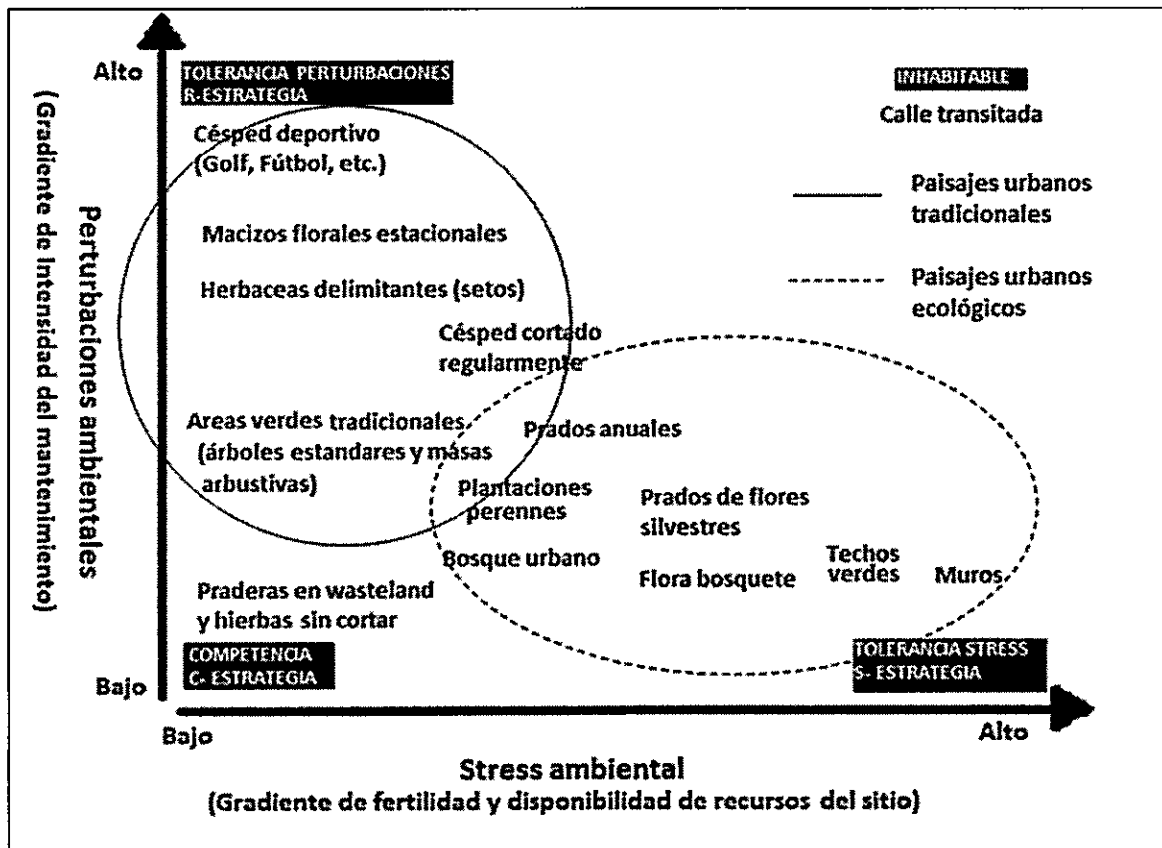


Tabla 39. Ejemplo de aplicación del modelo de Grime para la selección de especies vegetales en parques y áreas verdes (fuente: Modificado de Zimmerman et al., 2011)

| | Tipos de estrategias modelo grime | | |
|---------------------------------|--|--|---|
| | Plan mantenimiento R
Plantas tolerantes a las perturbaciones (ruderales) | Plan de mantenimiento C
Plantas fuertemente competitivas | Plan de mantenimiento S
Plantas tolerantes al stress |
| Usos | Áreas florales temporales (macizos); herbáceas delimitantes (setos); praderas anuales y complejos vegetales de las primeras etapas sucesionales | Espacios abiertos; bosques de borde; praderas de herbáceas altas; praderas artificiales; bosques urbanos | Taludes, laderas y estepas, estepas de rodales, roquerías, pastizales cortos, áreas boscosas, áreas pantanosas y cuerpos de agua (riveras) |
| Características | Rápido crecimiento, cortos ciclos de vida, edad de reproducción temprana, alto número de propágulos de tamaño pequeño, bajo almacén de reservas, diferentes tipos de plantas (pioneras, anuales, tipos rústicos, perennes); se necesitan buenas condiciones de recursos del sitio (con muy bajo stress y restricciones de crecimiento) | Longevidad alta-media, alta tasa de crecimiento, edad de reproducción media, número de propágulos medio-bajo y de tamaño mediano-grande, bajo almacén de reservas, desarrollo por competición en ambientes con pocas perturbaciones y buenas condiciones de recursos | Longevidad alta, especialmente en los sitios con muy pocas perturbaciones; tasa de crecimiento baja; edad de reproducción tardía; bajo número de propágulos de tamaño mediano-grande; alto almacén de reservas; especies adaptadas a las condiciones, especialistas, competidores débiles si mejoran las condiciones del sitio. |
| Mantenimiento | Suelos y espacios abiertos, expansivos que favorezcan la libre competencia; el desarrollo es promovido por las perturbaciones de las labores de mantenimiento (Segar, binazón, etc.) | Evitar los suelos y espacios abiertos; minimizar las perturbaciones; nunca remover el suelo; estimular el crecimiento del suelo (mulch); fomentar las vías cerradas de reciclaje de nutrientes | Las condiciones del sitio deben ser preservadas y estimuladas mediante el mantenimiento; mantener los suelos pobres mediante la remoción del material orgánico; usar substratos minerales o mulching. |
| Labores de mantenimiento | Intensivas y permanentes dependiendo del porcentaje de las especies de ciclo de vida corto; más favorable para superficies de siembra anuales. | Moderado a bajo | Bajas – muy bajas en sitios con disponibilidad de recursos buena, más alta en sitios con recursos limitados |
| Ejemplos de especies | <i>Eupatorium fistulosum</i> ;
<i>Leuconthemella serotinum</i> ;
<i>Lythrum solitaria</i> ; <i>Sylphium laciniatum</i> ; <i>Symphyotrichum novae-angliae</i> | <i>Aquilegia spp.</i> ; <i>Digitalis purpurea</i> ; <i>Iris barbata hybridum</i> ; <i>Rudbeckia hirta</i> ; <i>Verbascum spp.</i> | <i>Asarum europaeum</i> ; <i>Avenella flexuosa</i> ; <i>Rosmanirus officinalis</i> ; <i>Sempervivum spp.</i> ; <i>Thymus spp.</i> |

3.2.1.4 Aspectos biogeográficos de la vegetación mediterránea de Santiago

Los biotopos son los distintos ambientes bióticos, es decir los espacios válidos para la vida, que encontramos en el planeta (Ignatieva et al., 2000; Löfvenhaft et al., 2002), en donde aparecen combinaciones definidas de los distintos factores del medio ambiente que se presentan en la naturaleza. Los organismos que conviven en un biotopo cualquiera están ligados recíprocamente por múltiples nexos, y forman una comunidad biótica o biocenosis,

cuya composición viene dictada por las constantes fisicoquímicas del biótomo, y cuyo mantenimiento como unidad biológica, se logra por un autoequilibrio entre las dinámicas de sus componentes (Löfvenhaft et al., 2002). Los biotopos del PUS deberán ser diseñados considerando los aspectos biogeográficos de las comunidades vegetales locales (Lorca, 1989; Gómez, 1999; Ignatieva et al., 2000; Löfvenhaft et al., 2002). Los tipos de vegetación cuya distribución se asocia a biotopos, en donde las condiciones climáticas regionales están claramente expresadas, se denominan vegetación zonal (Luebert y Plissock, 2006).

Se ha reconocido ampliamente al clima como un factor condicionante, restrictivo y potenciador, de la composición y fisonomía de especies vegetales de un determinada área (Luebert y Plissock, 2006). La composición se refiere a las comunidades o conjuntos de especies que presentan rangos de tolerancia similares a las condiciones ambientales y que pueden sobrevivir y reproducirse en un espacio geográfico determinado (Lemolino et al., 2005; Shelford, 1931). La fisonomía es el aspecto que presenta la vegetación como resultado de la composición de formas de vida dominantes y de su arreglo estructural horizontal (recubrimiento) y vertical (estratificación) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Braun-Blanquet, 1979). La variación de la fisonomía de la vegetación a gran escala se debe en gran medida a las variaciones espaciales climáticas (Walter, 2002). Sin embargo, el clima no es el único factor relevante sino que la fisonomía y composición de la vegetación también se ve influenciada por el sustrato geológico, el suelo, la topografía, las interacciones y presiones antropogénicas y otros elementos bióticos y abióticos que en conjunto conforman un ecosistema (Pignatti, 1996; Leuchsner, 2005).

La clasificación de las comunidades vegetales según su fisonomía o apariencia externa determina la identificación de unidades abstractas denominadas formaciones (Luebert y Plissock, 2006). Para Chile se identifica la existencia de las formaciones de bosques, matorrales, vegetación herbácea y desiertos (Elleberg y Mueller-Dombois, 1967). En una formación las especies que presentan el mayor recubrimiento de la superficie foliar, en sus distintos estratos son reconocidas como las especies dominantes (Luebert y Plissock, 2006).

Considerando solo a las especies como criterio en la diferenciación de unidades, Braun – Blanquet (1950) desarrolló una metodología de diferenciación y clasificación fitosociológica, basándose en el concepto de “asociación vegetal”. De esta forma, tomando

la composición florística como criterio de clasificación, se entiende por asociación al conjunto de comunidades vegetales de composición florística similar (Braun – Blanquet, 1950; Krebs, 1985; Luebert y Pliscoff, 2006). Cada asociación vegetal posee un conjunto de especies distintivas, que no son habituales o resultan raras en otros tipos de vegetación. Estas se denominan “especies características” y poseen por lo tanto, un valor diagnóstico primordial (Font-Quer, 1965). Por otra parte, especies diferenciales son aquellas que, sin ser características en una agrupación vegetal, tienen valor diagnóstico para su delimitación florística (Luebert y Pliscoff, 2006). Una asociación vegetal posee requerimientos ambientales definidos, ocupa un lugar determinado en la sucesión vegetacional y suele presentar cierta distribución geográfica (Font-Quer, 1965).

La clasificación vegetacional para Chile se ha basado en trabajos como los de Gajardo (1994), que propuso una síntesis entre variables ecológicas y climáticas, introduciendo el concepto de formación vegetal para clasificar la vegetación chilena. Posterior, Luebert y Pliscoff (2006), plantean el “piso de vegetación” como unidad de análisis, que es el resultado del cruce de variables bioclimáticas y de altitud con las formaciones vegetacionales, la composición florística y la fisionomía de las vegetación de las diversas zonas del país.

En la zona central mediterránea del AMS se pueden encontrar diversas formaciones o pisos vegetacional en un gradiente altitudinal. De acuerdo a Gajardo (1994), la vegetación del pie de monte de Santiago corresponde a las formaciones denominadas matorral esclerófilo andino y bosque esclerófilo de la precordillera andina. A su vez, estas formaciones pertenecen respectivamente a las regiones ecológicas de la estepa alto andina, del matorral y bosque esclerófilo. Por otra parte, Luebert y Pliscoff (2006) establecen la existencia de tres formaciones y cinco pisos vegetales. Estas son: a) Bosque espinoso, representado por el piso vegetal del “Bosque espinoso mediterráneo andino de *Acacia Caven* y *Baccharis paniculata*”, que probablemente corresponde a una fase degradada del bosque esclerófilo original, ocupando las laderas por debajo de los 1.200 msnm; b) Bosque esclerófilo, representado por los pisos vegetales de “Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica*”, situado en los rangos altitudinales bajo los 1.700 msnm, y el “Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia angustifolia* y

Guindilia trinervis”, en rangos altitudinales de 1.400 a 2.200 msnm; c) Matorral de altitud, representado por el piso vegetal de “Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* y *Nardophyllum spinosum*”, entre los 2.000 y 2.600 msnm, y el “Matorral bajo mediterráneo andino de *Laretia acaulis* y *Berberis empetrifolia*”, localizado en las zonas de mayor altitud, entre los 2.600 y 3.300 msnm. Las cotas superiores de los macizos andinos de la zona de Santiago, típicamente por sobre los 3.300 msnm, corresponden a formaciones de Desierto altoandino, con coberturas muy bajas (inferiores al 10%), formadas por plantas altamente especializadas, que sobreviven bajo condiciones ambientales extremas (Muñoz Schick et al., 2000).

Para los diseños de biotopos del PUS se proponen 4 formaciones vegetales conformadas por bosque esclerófilo ladera sur, matorral arborescente ladera norte, estepa altoandina y pradera natural sitio eriazo (flora urbana espontánea), el detalle de estas especies se encuentra en la Tabla 40 y la Figura 27 ilustra las formaciones vegetales.

Tabla 40. Especies vegetales propuestas para las formaciones vegetales de los biotopos del PUS.

| Formación vegetal | Especies |
|---|---|
| Bosque esclerófilo ladera sur | Quillay (<i>Quillaja saponaria</i>), peumo (<i>Cryptocarya alba</i>); litre (<i>Lithrea caustica</i>); maitén (<i>Maytenus boaria</i>), bollén (<i>Kageneckia oblonga</i>), maqui (<i>Azara petiolaris</i>), colliguay (<i>Colliguaja odorifera</i>), guayacán (<i>Porlieria chilensis</i>), mira (<i>Gochnatia foliolosa</i>), tomatillo (<i>Solanum ligustrinum</i>), roble de Santiago (<i>Nothofagus macrocarpa</i>), palma chilena (<i>Jubalea chilensis</i>), belloto del norte (<i>Beilschmiedia miersii</i>), boldo (<i>Peumus boldus</i>), patagua (<i>Crinodendron patagua</i>), molle (<i>Schinus molle</i>), entre otros. |
| Matorral arborescente ladera norte | Frangel (<i>Kageneckia angustifolia</i>), pulpío (<i>Baccharis paniculata</i>), duraznillo (<i>Colliguaja integerrima</i>), trevo (<i>Retanilla trinervia</i>), guayacán (<i>Porlieria chilensis</i>), espino (<i>Acacia caven</i>), huingán (<i>Schinus molle</i>), yerba blanca (<i>Chuquiraga oppositifolia</i>), huañil (<i>Proustia cuneifolia</i>), colliguay salicifolia (<i>Colliguaja salicifolia</i>), varilla (<i>Adesmia confusa</i>), mira (<i>Gochnatia foliolosa</i>), pingo pingo (<i>Ephedra chilensis</i>), retama (<i>Junellia scoparia</i>), Chagual (<i>Puya chilensis</i>), Chilca (<i>Baccharis salicifolia</i>), Quisco (<i>Echinopsis chiloensis</i>), Chequén (<i>Luma chequen</i>) |
| Estepa altoandina | <i>Poaceae spp</i> , <i>Bromus spp</i> , <i>Hordeum spp</i> , <i>Stipa spp</i> , <i>Adesmia spp</i> , <i>Nassauvia spp</i> , <i>Chuquiraga oppositifolia</i> , <i>Haplopappus spp</i> , <i>Astragalus spp</i> , <i>Laretia acaulis</i> , <i>Azorella madreporica</i> , quiaca (<i>Calandrinia affinis</i>), cerastio (<i>Cerastium arvense</i>), topa-topa (<i>Calceolaria biflora</i>) y berro (<i>Cardamine spp</i>). |
| Pradera natural sitio eriazo urbano (flora urbana espontánea) | Géneros <i>Poaceae spp</i> , <i>Hordeum spp</i> , <i>Bromus spp</i> , <i>Nassella spp</i> y <i>Avena spp</i> , <i>Erodium cicutarium</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Hypochaeris spp</i> , cizaña (<i>Centaurea melitensis</i>), cardo negro (<i>Cirsium vulgare</i>), cardilla (<i>Carthamus lanatus</i>), melosa (<i>Madia sativa</i> y <i>Madia chilensis</i>) y manzanilla del campo (<i>Helenium aromaticum</i>). |

Figura 27. Formaciones vegetales propuestas para el diseño de biotopos del PUS.



3.2.2 Tipologías de diseño de parques urbanos y costos de mantenimiento asociados

Las labores de mantenimiento vegetal se pueden considerar como perturbaciones sistemáticas puntuales a las expresiones sucesionales de la flora del parque (véase Tabla 73 en el anexo), mediante las labores de segado y poda se limita el crecimiento y los estadios sucesionales de la flora, además de entregar recursos adicionales para favorecer la sobrevivencia de aquellas especies vegetales que no están adaptadas a las condiciones bioclimáticas de la región (Dunnet y Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Da y Song, 2008; Monsalve, 2010; Trepl, 1995; Niemala, 1999). Por ende, ante las condiciones edafoclimáticas características del clima mediterráneo, como es el caso del AMS, que incluyen sequías, estación seca permanente, alto grado de alteración de los ecosistemas naturales por efectos de urbanización, radiación solar y elevadas temperaturas, entre otros (Zamora et al., 2010), se pueden abordar dos estrategias de mantenimiento de la flora en parques urbanos (véase Tabla 74 en el anexo); en primer lugar la estrategia tradicional que ha consistido en mitigar las condiciones edafoclimáticas de stress sobre la flora exótica, no

necesariamente adaptada a estas condiciones, mediante la provisión extra de recursos y nutrientes, en conjunto con técnicas de manejo (e.g. podas y binazón del suelo) para propiciar el vigor y crecimiento de especies, situación que conlleva altos costos de mantenimiento (Dunnet y Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Thompson y Sorvig, 2007; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005). La segunda estrategia consiste en el manejo sucesional de biotopos, descrito anteriormente, en donde se puede hacer frente a las condiciones edafoclimáticas mediante los procesos ecológicos, a nivel de biotopos, que pueden generar un microclima propicio para el establecimiento del sistema vegetal, ahorrando en la provisión de recursos y costos de mantenimiento (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Miyawaki, 1998; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005).

La Tabla 73 (anexo) da una interpretación ecológica a los labores de mantenimiento tradicional en los parques urbanos, mostrando la manera en que estas afectan los flujos de materiales, nutrientes y energía entre los subsistemas del suelo – vegetal e infraestructura arquitectónica con el entorno, señalando, según sea el caso, si la aproximación ecosistémica del parque es proceso- funcional (flujos) o poblacional-comunitaria (estructura y composición de individuos), en el caso del sistema vegetal. Por ejemplo, el riego puede considerarse como un aumento en la disponibilidad del recurso hídrico y de las tasas de incorporación al sistema vegetal, desde una caracterización proceso-funcional que regula los flujos entre el subsistema del suelo, el subsistema vegetal del parque y el entorno urbano. En términos generales se puede establecer que un alto porcentaje de las labores de mantenimiento tradicional consisten en la alteración de los flujos de energía y materiales para adecuarlos a los requerimientos de los componentes del parque urbano.

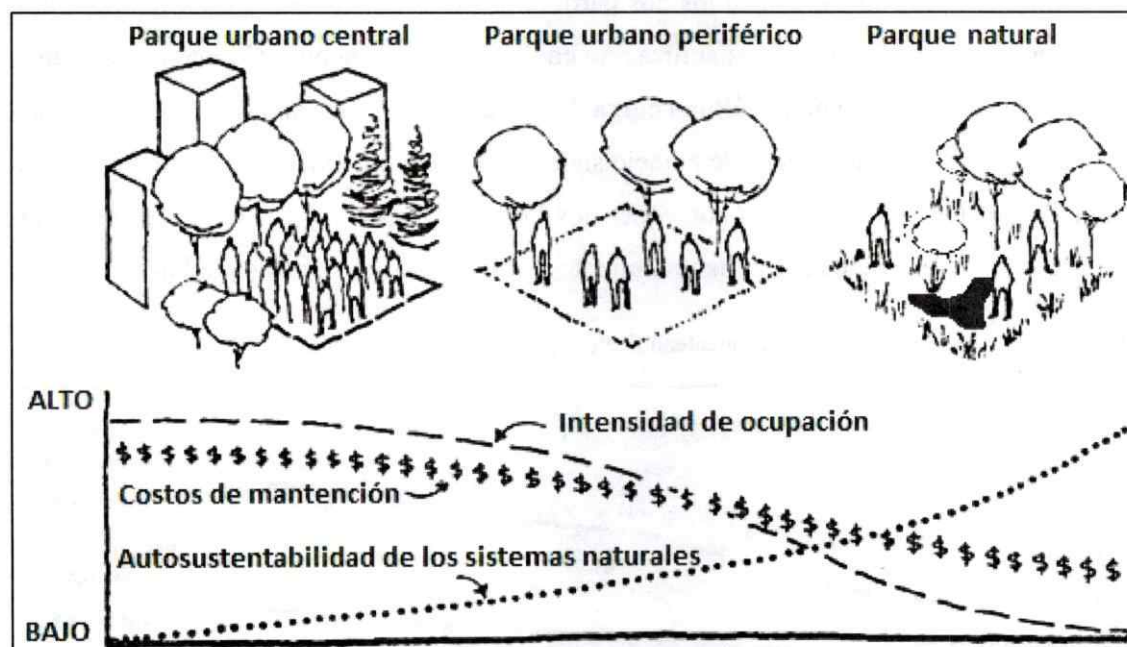
La Tabla 74 (anexo) compara detalladamente el efecto de stress de las condiciones edafoclimáticas mediterráneas sobre los componentes del subsistema suelo y vegetal de un parque urbano tradicional, con sus respectivas labores de mantenimiento contrastadas con los efectos ecológicos de un parque urbano sustentable diseñado desde el manejo sucesional. Por ejemplo, ante la compactación, contaminación y alteración fisicoquímica del suelo que limita la disponibilidad de nutrientes, el mantenimiento tradicional realiza las labores de fertilización, riego, binazón del suelo, aireación y compostaje, en cambio, en un

PUS cuyo suelo es tratado previamente, mediante técnicas de biorremediación (incorporación de biosólidos reciclados), al establecerse el sistema vegetal de los biotopos se aprecia un incremento de la capa de suelo por acumulación de materia orgánica (hojarasca), mejorando la infiltración y la biodisponibilidad de nutrientes por agentes bacterianos y organismos detrívoros, estas interacciones ecológicas minimizan el mantenimiento exterior, limitándolo a monitorear constantemente las condiciones del suelo para incorporar más biosólidos si es preciso y a dejar intacta (no remover) la capa de materia orgánica superficial acumulado por los restos vegetales (hojarasca).

En general, se puede sostener que los biotopos de manejo sucesional conforman una estructura ecológica dinámica que se puede caracterizar como un ecosistema transitando por las distintas fases de la sucesión, por lo que a medida que transcurren los años los biotopos se transforman en sistemas vegetales maduros, resilientes y autosustentables, de nulo o mínimo mantenimiento.

Los autores Dahl y Molnar (2003) proponen que dependiendo del emplazamiento del parque los costos de mantenimiento, la intensidad de ocupación y el automantenimiento varían en un gradiente espacial desde el centro urbano hacia los entornos rurales (ver Figura 28). Por ende, un parque urbano central presenta una intensidad de ocupación mayor que un parque urbano periférico y un parque natural, también sus costos de mantenimiento siguen esta misma tendencia, es decir, los costos de mantención son elevados en un parque urbano central, menores en parques urbanos periféricos y mínimos en parques naturales. La autosustentabilidad de los sistemas, expresada en función del automantenimiento, sigue un patrón inverso a las variables anteriores, siendo mínima en los parques urbanos centrales, un poco mayor en los parques urbanos periféricos y muchísimo mayor en los parques urbanos naturales.

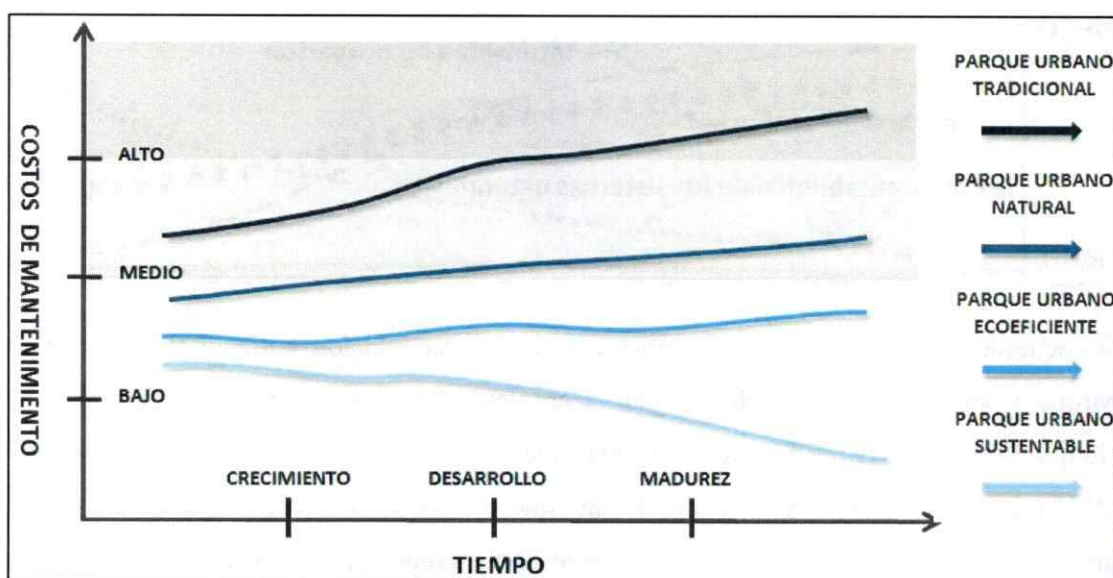
Figura 28. Costos de mantención, intensidad de ocupación y autosustentabilidad de los sistemas naturales para tres tipos de parques en un gradiente urbano- rural (Fuente: adaptado de Dahl y Molnar, 2003)



De acuerdo con lo anterior, es posible establecer una relación entre el tipo de diseño del parque y sus costos de mantenimiento. Complementando con los datos aportados por Hough (2004), Forsyth y Musacchio (2005); Da y Song (2008); Vitacura (2012) y MINVU (2012) es posible construir la Figura 29 que ilustra la evolución de los costos de mantenimiento en la fase de inicio, desarrollo y madurez para cuatro tipos de parques urbanos. El parque urbano tradicional, representado por la primera curva arriba en el gráfico, muestra que sus costos de mantenimiento iniciales son los más elevados y tienden a aumentar a medida que el sistema transita por las distintas fases. La curva siguiente ilustra los costos de mantenimiento de los parques urbanos naturales, emplazados en sectores periféricos cerca de relictos de ecosistemas naturales o cerros islas, tienen un costo de mantenimiento menor que los parques tradicionales, pero debido a que tampoco conciben un diseño sustentable (como se verá en la próxima sección del índice de sustentabilidad) sus costos de mantenimiento también se incrementan en el tiempo, pero en menor medida que un parque tradicional. La tercera curva desde arriba hacia abajo, representa un parque urbano eficiente energéticamente, basado en el diseño del parque urbano Bicentenario de Vitacura, que incluye técnicas de eficiencia de recursos hídricos y energéticos con un elevado grado de automatización en las labores de riego (sistema de riego por goteo

programado), mobiliario anti vandálico y luminarias LED (Vitacura, 2012); los costos de mantenimiento son menores que los dos parques anteriores y tienden a incrementarse muy levemente, con tendencia a la estabilización en algunas fases, debido al manejo sustentable de los recursos. Finalmente, la última curva describe un parque urbano sustentable diseñado desde los principios ecológicos de manejo sucesional que tendrá un costo de mantenimiento inicial considerablemente menor que los otros parques y tenderá a disminuir progresivamente debido al automantenimiento similar al de un ecosistema maduro en clímax.

Figura 29. Evolución de los costos de mantenimiento según el diseño de parque.



El gráfico anterior se complementa con la Tabla 41 que ilustra la manera de variar de los costos de mantenimiento desde 0 a 10 años para tres tipos de parques. El parque nativo o sucesional tiene los costos de inversión menor, su mantención inicial (establecimiento) es relativamente baja y su mantención final es mínima en comparación a los otros tipos de parques. El parque naturalista (diseño de biotopos) tiene un costo de inversión mayor que el nativo, pero similar al parque urbano tradicional (ameno), sus costos de mantenimiento inicial (establecimiento de 0 a 5 años) es ligeramente mayor que el tradicional y su costo de mantención final (5 a 10 años) es mucho más económico que el parque urbano tradicional, pero mayor que el nativo. El parque urbano tradicional tiene costos de inversión altos, su establecimiento también es relativamente alto y su mantención final requiere mayores costos que los otros tipos de parques.

Tabla 41. Costos de inversión y mantenimiento de 3 tipos de parques (Fuente: Forsyth y Musacchio, 2005)

| Tipo de parque | Costos de inversión
€*(ha) ⁻¹ | | Establecimiento
€*(ha) ⁻¹
(0 a 5 años) | | Mantención
€*(ha) ⁻¹
(5 a 10 años) | |
|--------------------------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|
| | Media | Rango | Media | Rango | Media | Rango |
| | Nativo (sucesional) | 4.482 | 609-9.854 | 1767 | 519-3.870 | 640 |
| Naturalístico (Biotopo) | 36.166 | 6.734-57.091 | 10.600 | 2.560-15.718 | 3.578 | 1.738-5.950 |
| Ameno (Tradicional) | 20.679 | 4.952-56.000 | 7.488 | 1.450-20.942 | 5.513 | 1.450-17.592 |

Finalmente, otro aspecto relevante que influencia directamente los costos de mantenimiento es la calidad del mantenimiento, lo que significa el número de labores intensivas requeridas para un determinado aspecto visual del parque. Por ende, se forma un gradiente entre los costos de mantención y la calidad visual del paisaje requerido, de esta manera un paisaje hortícola compuesto exclusivamente de césped, setos arbustivos (arbustos con formas geométricas) y flores permanentes, tiene un nivel de mantenimiento superior y un costo de mantenimiento asociado muchísimo mayor que una pradera natural sucesional (ver Figura 30) (Falcón, 2007).

La Figura 30 grafica lo anterior mostrando que existe una relación exponencial entre los costos de mantenimiento unitario anual y el nivel de mantenimiento, es decir que a mayor nivel de mantenimiento, los costos de mantenimiento unitario aumentan exponencialmente (CERTU, 2001). En el caso del PPU el mantenimiento establece una distinción entre zonas de mantenimiento básico (e.g. praderas naturales, zonas forestales parques urbanos naturales) que consisten en áreas donde se aplican labores de riego, aseo general y reposición de especies, pero con menor intensidad y frecuencia que en las zonas de mantenimiento intensivo, donde se ejecutan todas las labores de mantenimiento. El costo unitario de las zonas de mantenimiento básico en el PPU alcanza los \$ 34 (m²)⁻¹, mientras que las zonas de mantenimiento intensivo tienen un costo unitario de \$ 784 (m²)⁻¹, es decir un costo 23 veces mayor.

Figura 30. Niveles de mantenimiento para distintos tipos de espacios urbanos (Fuente: modificado de CERTU, 2001)

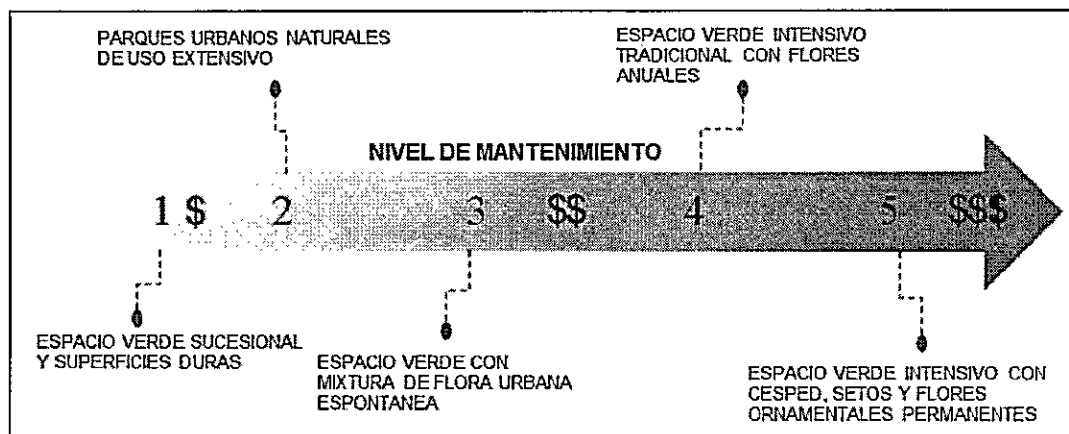
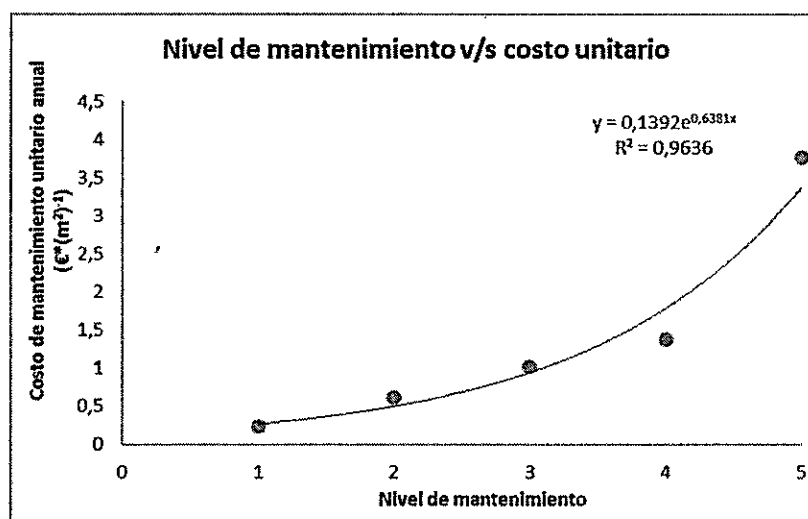


Figura 31. Grafico que correlaciona el costo de mantenimiento unitario anual y el nivel de mantenimiento (Fuente: modificado de CERTU, 2001)



3.3 Análisis de estudios de caso internacionales de parques urbanos sustentables

3.3.1 Análisis estadísticos descriptivos preliminares

La Tabla 71 del anexo detalla la matriz de datos que se recopilieron para los PUS analizados (detalles ver en metodología), la matriz se compone de 47 variables, de las cuales 18 son cuantitativas y 19 cualitativas, que se agruparon en variables generales que se asocian con la ciudad y el país de los PUS, las condiciones climáticas (t° y pluviometría) de la ciudad de emplazamiento y el año de construcción; las variables de diseño guardan relación con los porcentajes de superficies asignados a las zonas de recreación, ecológicas, pavimentos, circulaciones e instalaciones de los PUS, con sus respectivas subdivisiones y

clasificaciones; las variables ecológicas se relacionan con el tipo de aproximación empleada en el diseño del parque, la presencia de flora nativa, adecuación bioclimática de la flora, la conectividad de los espacios, el porcentaje de cobertura vegetal total y el rol de la arquitectura en revelar los procesos ecosistémicos; las variables económicas y de gestión muestran los costos de construcción cuantitativamente y se enumeran cualitativamente, en escalas nominales, las variables: Costos de mantención, eficiencia energética, gestión de residuos y reducción de consumo hídrico; finalmente, las variables sociales guardan relación con aspectos descritos cualitativamente como participación ciudadana, accesibilidad universal e inclusión, fomento de educación ambiental y principales usos asociados a los parques.

3.3.2 *Correlaciones parciales principales*

La Tabla 42 presenta las principales correlaciones encontradas entre las variables de los PUS. Entre las variables cuantitativas caben destacar que se encontraron correlaciones parciales positivas y de moderada intensidad entre el porcentaje de zonas recreativas y ecológicas; entre el porcentaje de zonas ecológicas y la superficie total del parque; entre el porcentaje de cobertura total y la superficie del parque; el porcentaje de césped y el porcentaje de superficies recreativas, estas relaciones resultaron ser estadísticamente significativas. Otras correlaciones como el porcentaje de césped y la pluviometría; la cobertura vegetal total y la pluviometría; y el porcentaje de áreas azules y pluviometría, arrojaron tendencias positivas débiles, no siendo estadísticamente significativas. El resto de las relaciones entre variables cuantitativas arrojaron valores indeterminados.

Las correlaciones entre variables cualitativas (rho de Spearman) o entre variables cuantitativas y cualitativas, presentaron mayor robustez. Se encontró una fuerte correlación negativa entre los costos de mantención y la reducción hídrica, es decir que a mayor reducción hídrica menores valores se obtuvieron en los costos de mantención, la relación es estadísticamente significativa. En contraposición, una correlación fuerte positiva se encontró en los costos de mantención y el porcentaje de césped, es decir que a medida que los parques tuvieron mayores porcentajes de césped mayores fueron sus costos de mantenimiento, relación que también cumple con el nivel de significancia estadística. Otras correlaciones fuertes positivas se obtuvieron en el uso de encuentro y esparcimiento con el

tipo de aproximación ecológica predominante en el parque, es decir que los parques que privilegiaron la eficiencia energética mediante la incorporación de superficies duras (hardscape) y paisajismo xérico (bajo consumo hídrico), por sobre los parques de biotopos o sucesionales, tendieron a concentrar una mayor actividad de encuentro social (tipo plazas) que sus homólogos, la correlación fue estadísticamente significativa. Del mismo modo, se encontraron correlaciones fuertes positivas entre la adecuación biológica y el porcentaje de flora nativa, es decir que a mayor porcentaje de flora nativa, mayor valor en la adecuación biológica de los parques, asimismo, la presencia de flora nativa se correlacionó fuertemente con la reutilización de aguas grises para el riego, siendo ambas correlaciones estadísticamente significativas. Entre las correlaciones moderadas que caben destacar, se encontró que los costos de mantención disminuyen moderadamente con la adecuación biológica y con el uso predominante de paseo y educación ambiental, asimismo se encontró una correlación moderada negativa entre el porcentaje de césped y la reducción hídrica, es decir que a mayor porcentaje de césped menor es el grado de reducción hídrica del parque; las correlaciones mencionadas cumplen con el nivel de significancia estadística. Entre las correlaciones moderadas positivas, cabe señalar que los costos de mantenimiento se incrementaron con el porcentaje de zonas recreativas y con el uso recreativo y de deportes, siendo ambas relaciones estadísticamente significativas. Los costos de construcción y el uso recreativo y de deportes tuvieron correlaciones positivas débiles con la aproximación ecológica, esto quiere decir que los costos de construcción se incrementaron ligeramente desde los parques sucesionales a los parques de eficiencia energética y que los usos principalmente deportivos y recreativos, se incrementaron débilmente desde los parques sucesionales a los de eficiencia energética, ambas relaciones no fueron estadísticamente significativas. El resto de las correlaciones, como costos de mantención y superficie o costos de mantención y porcentajes de zonas ecológicas, resultaron ser indeterminadas, no siendo estadísticamente significativas.

Tabla 42. Resumen de las principales correlaciones entre variables cuantitativas (R de Pearson) y cualitativas/ cuantitativas (ρ SP: Rho de Spearman) de los PUS.

| <i>Variables cuantitativas</i> | R | R ² | ρ SP | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|---|-------------|----------------|--------------|-------------|-----|---------------|
| % Césped (y) v/s Pluviometría (x) | 0,33 | 0,11 | - | 0,23 | NO | Débil + |
| % Blue áreas (y) v/s % Pluviometría (x) | 0,30 | 0,09 | - | 0,92 | NO | Débil + |
| % Cobertura vegetal (y) v/s Pluviometría (x) | 0,22 | 0,05 | - | 0,44 | NO | Débil + |
| % Césped (y) v/s Temperatura (x) | 0,16 | 0,02 | - | 0,58 | NO | Indeterminada |
| % Blue áreas (y) v/s Temperatura (x) | -0,27 | 0,07 | - | 0,33 | NO | Débil - |
| % Cobertura vegetal (y) v/s Temperatura (x) | 0,02 | 0,00 | - | 0,96 | NO | Indeterminada |
| Costo de construcción (y) v/s zonas recreativas (x) | 0,08 | 0,01 | - | 0,78 | NO | Indeterminada |
| Costo de construcción (y) v/s zonas ecológicas (x) | -0,16 | 0,02 | - | 0,58 | NO | Indeterminada |
| Costo de construcción (y) v/s superficie total (x) | 0,02 | 0,00 | - | 0,95 | NO | Indeterminada |
| % Zonas recreativas (y) v/s zonas ecológicas (x) | 0,58 | 0,33 | - | 0,03 | SI | Moderada + |
| % Zonas recreativas (y) v/s superficie total (x) | 0,17 | 0,03 | - | 0,55 | NO | Indeterminada |
| % Zonas ecológicas (y) v/s superficie total (x) | 0,52 | 0,27 | - | 0,05 | SI | Moderada + |
| % de césped (y) v/s % Zonas recreativas (x) | 0,54 | 0,29 | - | 0,04 | SI | Moderada + |
| % cobertura vegetal (y) v/s Superficie total (x) | 0,66 | 0,43 | - | 0,01 | SI | Moderada + |
| <i>Variables cualitativas – cuantitativas / cualitativas – cualitativas</i> | | | | | | |
| Costo de mantención (y) v/s aproximación ecológica (x) | - | - | 0,14 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención (y) v/s Reducción hídrica(x) | - | - | -0,79 | 0,00 | SI | Fuerte - |
| Costo de mantención (y) v/s % zonas recreativas(x) | - | - | 0,64 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención (y) v/s % zonas ecológicas(x) | - | - | 0,17 | 0,54 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención (y) v/s superficie(x) | - | - | 0,05 | 0,86 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención (y) v/s % césped(x) | - | - | 0,70 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Costo de mantención (y) v/s adecuación biológica(x) | - | - | -0,58 | 0,02 | SI | Moderada - |
| Costo de mantención (y) v/s Paseo y Educación Amb. (x) | - | - | -0,45 | 0,10 | SI | Moderada - |
| Costo de mantención (y) v/s Recreación y deportes (x) | - | - | 0,53 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Aproximación ecológica (y) v/s Superficie(x) | - | - | 0,05 | 0,86 | NO | Indeterminada |
| Aproximación ecológica (y) v/s % Cobertura vegetal (x) | - | - | 0,12 | 0,68 | NO | Indeterminada |
| Costos de construcción (y) v/s Aproximación ecológica (x) | - | - | 0,28 | 0,32 | NO | Débil + |
| Recreación y deportes (y) v/s Aproximación ecológica (x) | - | - | 0,27 | 0,34 | NO | Débil + |
| Paseo y Educación Amb.(y) v/s Aproximación Ecol. (x) | - | - | -0,56 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Encuentro y esparcimiento (y) v/s Aproximación Ecol. (x) | - | - | 0,72 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Reducción de consumo hídrico (Y) v/s % de césped (x) | - | - | -0,43 | 0,11 | SI | Moderada - |
| Reducción hídrica (y) v/s adecuación biológica (x) | - | - | 0,65 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Adecuación biológica (y) v/s Uso Flora Nativa (x) | - | - | 0,76 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Uso Flora Nativa (y) v/s Reutilización de aguas lluvias (x) | - | - | 0,84 | 0,00 | SI | Fuerte + |

Nota: la significancia (SIG) se refiere a un p valor de 0,2 (80% de confianza), las correlaciones estadísticamente significativas son resaltadas en negritas (Fuente: Elaboración propia en base a la matriz de datos).

3.3.3 Análisis de conglomerados k- medias

La Tabla 43 exhibe los resultados de pertenencia y clasificación en tres conglomerados para los PUS estudiados. Es posible apreciar que existen tres grupos de clasificación: el primer conglomerado abarcó el 62% de los PUS (10 de 16) y se correspondió con la aproximación ecológica de *Eficiencia Energética de Biotopos*; el segundo conglomerado abarcó un 13 % (2 parques) del total de PUS y se asoció a la aproximación ecológica *Eficiencia Energética Hardscape*; finalmente el tercer conglomerado incorporó el 25 % de los PUS (4 parques) y se correlacionó con la categoría de aproximación ecológica *Sucesional*.

Tabla 43. Pertenencia y clasificación de los conglomerados

| Parques | Tipología | Aproximación | Distancia | Conglomerado |
|---------|-----------|-----------------|-----------|--------------|
| DP | UR | E.E.BIOTOPOS | 31,024 | 1 |
| CC | UR | E.E.BIOTOPOS | 22,635 | 1 |
| TW | UR | E.E.BIOTOPOS | 33,028 | 1 |
| AT | UR | E.E.BIOTOPOS | 19,209 | 1 |
| EC | UR | E.E.BIOTOPOS | 14,545 | 1 |
| TS | UR | E.E.BIOTOPOS | 20,843 | 1 |
| TP | UR | E.E.BIOTOPOS | 22,303 | 1 |
| JB | UR | E.E.BIOTOPOS | 15,675 | 1 |
| MP | UR | E.E.BIOTOPOS | 23,969 | 1 |
| AP | UR | E.E.BIOTOPOS | 34,482 | 1 |
| PD | UR | E.E. HARDSCAPE | 21,539 | 2 |
| CH | PU | E.E. HARDSCAPE | 21,539 | 2 |
| PI | PU | E.C. SUCESIONAL | 13,818 | 3 |
| RA | PU | E.C. SUCESIONAL | 18,167 | 3 |
| SP | PU | E.C. SUCESIONAL | 45,562 | 3 |
| PC | PU | E.C. SUCESIONAL | 27,809 | 3 |

Nota: UR= Urbano; PU= Periurbano

Las distancias entre los centros de los conglomerados se presentan en la Tabla 44, allí se evidenció que el conglomerado 1 (*Biotopos*) fue más próximo al conglomerado 2 (*Hardscape*) y más lejano del conglomerado 3 (*Sucesional*). El conglomerado 2 (*Hardscape*) también se aproximó más al conglomerado 1 (*Biotopos*) y se alejó más del conglomerado 3 (*Sucesional*). El conglomerado 3 (*Sucesional*), por su parte, se mantuvo a una distancia casi similar del conglomerado 1 (*Biotopos*) y 2 (*Hardscape*).

Tabla 44. Distancias entre los centros de los conglomerados finales

| Conglomerado | 1-EEB | 2-EEH | 3-ECS |
|--------------|--------|--------|--------|
| 1-EEB | | 45,611 | 70,208 |
| 2-EEH | 45,611 | | 68,428 |
| 3-ECS | 70,208 | 68,428 | |

El resumen de los centros finales de los conglomerados se presenta en Tabla 45, en donde se pueden apreciar las diversas variables y sus valores centrales asociados a cada conglomerado, con sus respectivas significancias estadísticas a un p valor <0,05 (resaltadas en negrita). Los conglomerados 1 y 2 fueron más cercanos en superficie total, en contraste al conglomerado 3 que presentó la mayor superficie. El porcentaje de césped fue mayor en el conglomerado 1 y se asemejó más al conglomerado 2, alejándose del conglomerado 3 que tuvo una cantidad baja de césped. La pradera natural presentó valores mayores en el conglomerado 3, distanciándose del 1 y 2 que tuvieron valores muy bajos. El conglomerado 1 tuvo el mayor valor en el porcentaje de biotopos, siendo más cercano al conglomerado 2 y más distanciado del conglomerado 3. Los jardines xéricos tuvieron un mayor valor en el conglomerado 2 y se encontraron similarmente distanciados de los conglomerados 1 y 3 que presentaron mínimos valores de jardines xéricos. El conglomerado 3 presentó un valor exclusivo en bosques sucesionales y se alejó del conglomerado 1 y 2 que no presentaron valores en dicha variable. El conglomerado 2 duplicó el valor de las variables porcentaje de superficies de pavimentos y caminos, en relación a los conglomerados 1 y 3, que se asemejaron entre sí. El uso de recreación y deportes presentó valores similares en los centros de los conglomerados, no existiendo mayores distancias entre sí; los conglomerados 1 y 3 duplicaron el valor del conglomerado 2 en la variable uso de paseo y educación ambiental, siendo más semejantes entre sí y equidistantes del conglomerado 2. Finalmente, la variable encuentro y esparcimiento tuvo una mayor cercanía entre los conglomerados 1 y 3 con el conglomerado 2, siendo los conglomerados 1 y 3 los más distanciados.

Tabla 45. Resumen de los centros finales de los conglomerados y su nivel de significancia estadística al 0,05 (Fuente: elaboración propia).

| Variables | Conglomerados | | | p (0,05) |
|--|---------------|-------|-------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Superficie total | 4,05 | 1,60 | 13,13 | ,027 |
| % Césped* | 17,20 | 5,50 | 1,25 | ,039 |
| % Pradera natural* | 2,30 | 0,00 | 20,00 | ,014 |
| % Área de juegos infantiles | 2,50 | 0,00 | 0,00 | ,256 |
| % Biotopos* | 39,60 | 13,50 | 0,00 | ,000 |
| % Jardines xéricos* | 1,50 | 33,00 | 2,50 | ,000 |
| % Humedales | 6,70 | 0,00 | 0,00 | ,222 |
| % Zonas acuáticas | 2,20 | 7,00 | 0,00 | ,365 |
| % Bosques sucesionales* | 0,00 | 0,00 | 51,25 | ,000 |
| <i>% Pavimentos y caminos**</i> | 27,50 | 41,00 | 22,75 | ,243 |
| % Instalaciones | 0,50 | 0,00 | 2,25 | ,243 |
| Recreación y deportes | 2,10 | 2,00 | 1,75 | ,748 |
| Paseo y educación amb.* | 2,30 | 1,00 | 2,75 | ,046 |
| Actividades físicas varias | 1,40 | 1,00 | 1,00 | ,436 |
| Encuentro y esparcimiento* | 2 | 3 | 1 | ,021 |

Notas: *Las variables en negrita son estadísticamente significativas **la variable en negrita y cursiva, si bien no es estadísticamente significativamente sus valores aportan a la clasificación de los conglomerados.

3.3.4 *Análisis factorial de componentes principales (PCA)*

3.3.4.1 *Variables de diseño*

La Tabla 46 resume los resultados del PCA, en donde se pueden apreciar las variables y los valores de los componentes extraídos en dos ejes (para facilitar el análisis visual). Los dos componentes principales (eje 1 y 2) explicaron el 53 % de la varianza, el valor de KMO fue levemente superior a 0,5 (0,52) y el valor de Barlett tuvo una significancia estadística inferior a 0,05, por lo que se consideró que el PCA cumplió con los requisitos estadísticos para ser considerado un análisis válido de reducción de dimensiones.

La componente 1 agrupó las variables (marcadas en negritas) de porcentaje de superficie de césped, porcentaje de biotopos y porcentaje de área de juegos infantiles, con altos valores positivos. Asimismo, el componente 1 permitió reducir variables cercanas como superficie total, superficie de bosques sucesionales y porcentaje de pradera natural con valores negativos e inversos a los principales. La componente 2 agrupó las variables de porcentaje de jardines xéricos y porcentaje de superficies de pavimentos y caminos.

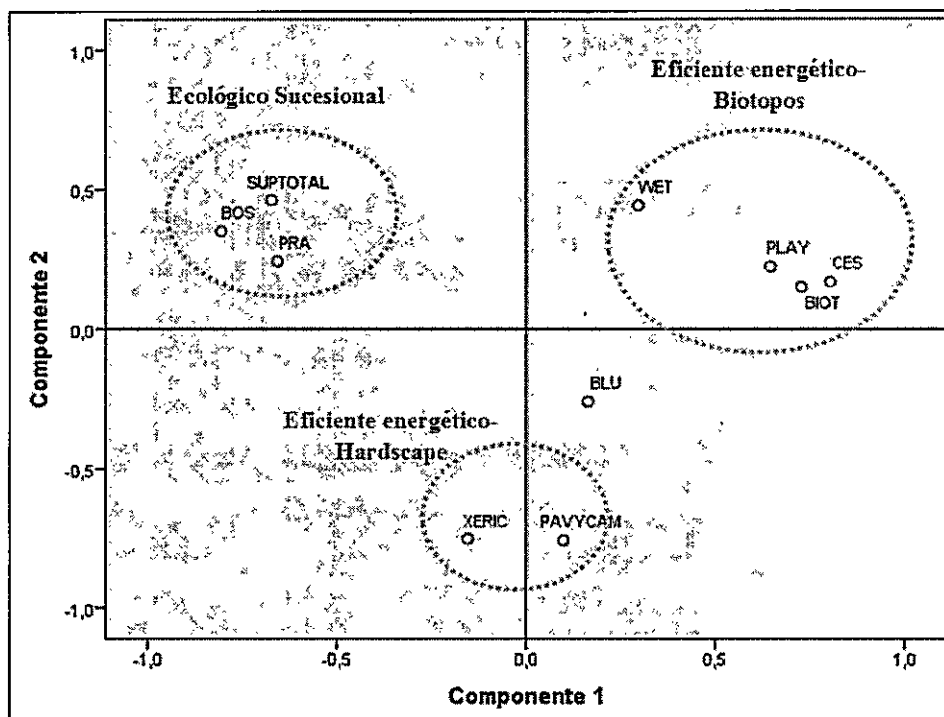
Se redujeron las variables en dos componentes para facilitar el análisis visual y las variables positivas resaltadas en el componente 1 se correlacionaron con el tipo de PUS eficiente energético de biotopos, las variables que fueron agrupadas con valores negativos se asociaron con el PUS ecológico sucesional y las variables destacadas del componente 2 se asociaron al PUS eficiente energético hardscape.

La Figura 32 ilustra lo anterior en un espacio rotado con las dos componentes, los círculos segmentados en el primer cuadrante resaltaron las variables de diseño más relevantes del PUS ecológico sucesional en la componente 1, en el otro extremo de la componente 1 se agruparon las variables asociadas a los PUS de eficiencia energética de biotopos. En el extremo inferior de la componente 2 se agruparon las variables correspondientes al PUS de eficiencia energética hardscape.

Tabla 46. Resumen del análisis de componentes principales para las variables de diseño, se marcaron en negrita las variables con mayor ponderación para los componentes principales (Fuente: elaboración propia).

| Variable | Comp. 1 | Variable | Comp. 2 | % Varianza explicada | KMO | Bartlett (p 0,05) |
|-----------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|------|-------------------|
| CES | 0,803 | SUPTOTAL | 0,463 | | | |
| BIOT | 0,726 | WET | 0,444 | | | |
| PLAY | 0,645 | BOS | 0,35 | | | |
| WET | 0,296 | PRA | 0,242 | | | |
| BLU | 0,152 | PLAY | 0,223 | 53% | 0,52 | 0,00 |
| XERIC | -0,154 | CES | 0,169 | | | |
| PRA | -0,658 | BIOT | 0,151 | | | |
| SUPTOTAL | -0,673 | BLU | -0,378 | | | |
| BOS | -0,806 | XERIC | -0,751 | | | |
| PAVYCAM | - | PAVYCAM | -0,756 | | | |

Figura 32. Gráfico de componentes principales de las variables de diseño representados en el espacio rotado, los círculos segmentados agrupan las variables asociadas a las principales tipologías de PUS, según el enfoque ecológico



3.3.4.2 *Variables ecológicas y de uso social*

La Tabla 47 resume los resultados del PCA, en donde se pueden apreciar las variables y los valores de los componentes extraídos en dos ejes (para facilitar el análisis visual), estos dos componentes principales (eje 1 y 2) explicaron el 60 % de la varianza, el valor de KMO fue superior a 0,5 (0,58) y el valor de Barlett tuvo una significancia estadística inferior a 0,05, por lo que se pudo considerar que el PCA cumplió con los requisitos estadísticos para ser considerado un análisis válido de reducción de dimensiones.

La componente 1 agrupó las variables (marcadas en negritas) de: Diseño revelatorio de procesos ecológicos, adecuación biológica de la flora, reutilización de aguas lluvia, presencia de flora nativa, reducción del consumo hídrico, reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos y usos de paseo y educación ambiental, con altos valores positivos. Asimismo, la componente 2 agrupó las variables positivas de luminarias LED autónomas con paneles fotovoltaicos, mobiliario urbano antivandálico, usos de recreación, deportes, esparcimiento y encuentro social.

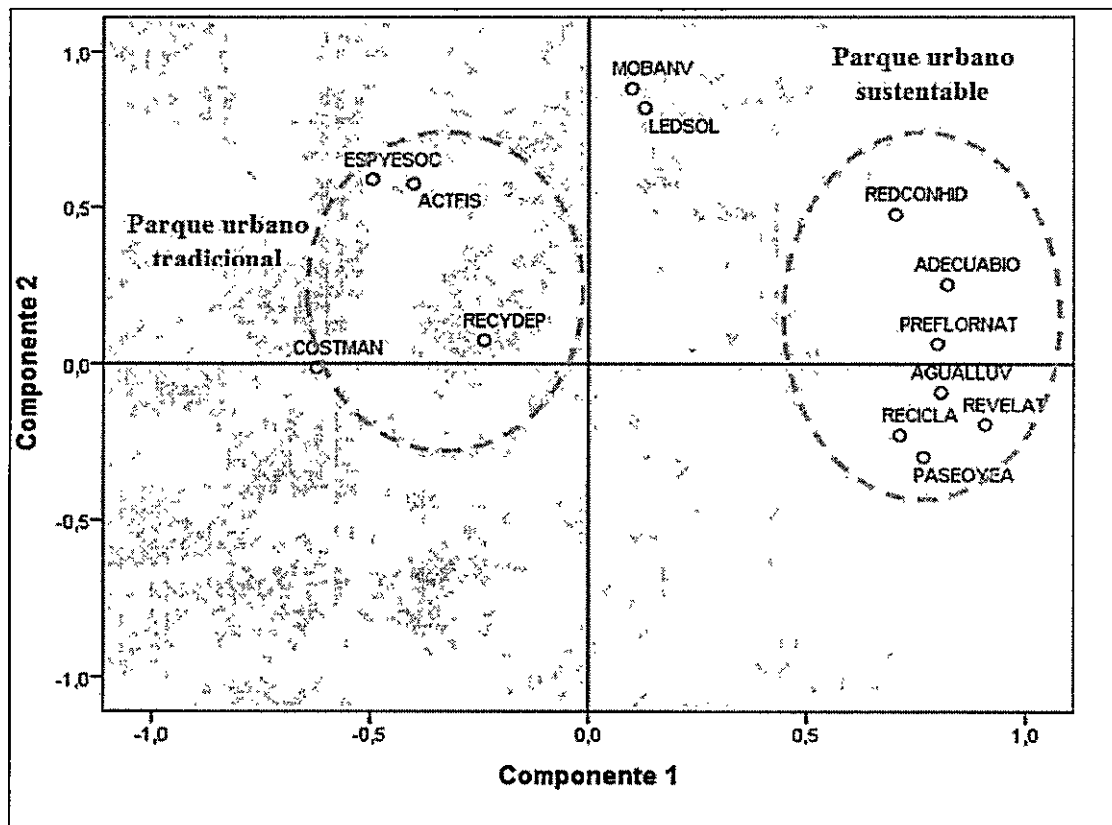
Se redujeron las variables en dos componentes para facilitar el análisis visual. Las variables positivas resaltadas en el componente 1 se correlacionaron con las características de un PUS; las variables agrupadas con valores positivos del componente 2 se asociaron a características de un PUT con mejoras de sustentabilidad (ejemplo, parque Bicentenario de Vitacura).

La Figura 33 ilustra lo anterior en un espacio rotado con las dos componentes, los círculos segmentados en el primer cuadrante resaltaron las variables ecológicas y de usos sociales más relevantes del PUT con mejoras de sustentabilidad en la componente 2. En la mitad del segundo cuadrante se agruparon las variables asociadas al concepto de PUS.

Tabla 47. Resumen del análisis de componentes principales para las variables ecológicas y de usos sociales, se marcaron en negrita las variables con mayor ponderación para los componentes principales

| Variable | Comp. 1 | Variable | Comp. 2 | % Varianza explicada | KMO | Bartlett (p 0,05) |
|------------------|--------------|-----------------|--------------|----------------------|------|-------------------|
| REVELAT | 0,907 | MOBANV | 0,881 | | | |
| ADECUABIO | 0,821 | LEDSOL | 0,819 | | | |
| AGUALLUV | 0,807 | ESPYESOC | 0,617 | | | |
| PREFLONAT | 0,799 | RECYDEP | 0,602 | | | |
| PASEOYEA | 0,766 | REDCONHID | 0,476 | | | |
| RECICLA | 0,711 | ADECUABIO | 0,253 | | | |
| REDCONHID | 0,702 | ACTFIS | 0,075 | 60% | 0,58 | 0,00 |
| LEDSOL | 0,129 | PREFLONAT | 0,064 | | | |
| MOBANV | 0,099 | COSTMAN | -0,012 | | | |
| RECYDEP | -0,24 | AGUALLUV | -0,091 | | | |
| ACTFIS | -0,305 | REVELAT | -0,193 | | | |
| ESPYESOC | -0,399 | RECICLA | -0,228 | | | |
| COSTMAN | -0,623 | PASEOYEA | -0,297 | | | |

Figura 33. Gráfico de componentes principales de las variables ecológicas y de uso social representados en el espacio rotado, los círculos segmentados agrupan las variables ecológicas y de uso social asociados a los parques urbanos sustentables y a los parques urbanos tradicionales.



3.3.5 Síntesis y comparación de las principales variables generales, de diseño arquitectónico, diseño vegetal y ecológico

A partir de los análisis realizados y de los datos recopilados en la Tabla 71 (del anexo), se confeccionó la Tabla 48 que comparó los valores más relevantes de las variables de diseño, ecológicas, económicas, de gestión y sociales para los tres tipos de PUS encontrados, en contraste con los PUT y PUN del PPU.

En cuanto a la relación de los parques con su entorno se pudo establecer que los PUS ecológico sucesionales (de ahora en adelante ECS) se establecieron principalmente en ubicaciones periurbanas y presentaron asociación con elementos naturales, del mismo modo que los PUN del PPU; los PUS de eficiencia energética hardscape (de ahora en adelante EEH) y de eficiencia energética de biotopos (de ahora en adelante EEB) se encontraron al interior de la ciudad, siendo urbanos, y los EEB pudieron estar o no estar

asociados con elementos naturales; generalmente, los EEH no se encontraron asociados con elementos naturales, resultado similar se obtuvo en los PUT.

En referencia a las variables de diseño, expresadas como porcentajes de superficies de zonificaciones, se pudo constatar que los PUS (promedio entre los tres tipos de PUS) presentaron un valor de 6,3 ha por parque y los parques del PPU arrojaron un valor de 8,8 siendo un tanto superiores en cuanto a superficie; el porcentaje de zonas recreativas (césped, área de juegos infantiles, áreas deportivas y pradera natural) fue similar en los PUS ECS y PUS EEB, alcanzando un valor cercano al 20,0 %, en los PUS EEH este valor se redujo al 5,5 %, en contraste con los valores del PPU que alcanzaron el 50 %, en donde los PUT duplicaron el porcentaje de zonas recreativas (68,0 %) de los PUN (31,2 %). En relación al porcentaje de césped se pudo evidenciar que este elemento es minoritario en los PUS EEH (5,5 %) y PUS ECS (1,3 %), fue un poco mayor en los PUS EEB (17,2 %), pero inferior al valor de los PUT de 45,2 % de césped, muy superior al 7,9 % de los PUN; en términos generales, el PPU promedia 26,6 % de césped y los PUS 8,0 %, similar al 7,9 % de los PUN. El porcentaje de zonas ecológicas (Biotopos, jardines xéricos, humedales, zonas acuáticas y bosquetes sucesionales) superó levemente el 50,0 % entre los tres tipos de PUS, siendo similar al valor de los PUN y muy superior al escaso 0,4 % de los PUT. Por lo anterior, el PPU, en términos generales, se aproximó a presentar un 25,0 % de zonas ecológicas, de éstas los PUN se restringieron exclusivamente a la presencia de bosquetes sucesionales y los PUT a la presencia de lagunas ornamentales (zonas acuáticas). El porcentaje de superficies duras, caminos e infraestructura alcanzó valores cercanos al 25,0 % en los PUS ECS, PUS EEB y en el promedio del PPU, siendo casi el doble en los PUS EEH (41,0 %), en comparación a los PUN (18,0 %).

En el caso de las variables ecológicas el porcentaje de cobertura vegetal total fue similar al promedio de los PUS y PPU, concentrándose aproximadamente en torno al 65,0 %, siendo mayor en el PUS ECS (75,0 %) y menor en PUS EEH (52,0 %). La adecuación bioclimática de la flora fue alta en los tres tipos de PUS y media en los parques del PPU; la presencia de flora nativa también fue alta en los PUS, baja en los PUT y media en los PUN, resultando ser baja en el promedio del PPU. La conectividad con espacios verdes y naturales fue media en los PUS y baja en el promedio del PPU. Asimismo, el diseño que

incorporó una arquitectura revelatoria de procesos fue mediano en los PUS, siendo alto en los PUS ECS, mediano en los PUS EEB y bajo en los PUS EEH. Por el contrario, esta variable fue ausente en los PUT y baja en los PUN, siendo inexistente para el promedio PPU.

En lo que concierne a las variables económicas y de gestión, se pudo apreciar que los costos de construcción (inversión) fueron un poco más de 3 veces superiores en los PUS que en el promedio de los parques del PPU, ya que en el PPU la inversión por parque fue cercana a los 1000 millones de pesos, en cambio en los PUS el promedio fue de 3400 millones de pesos, siendo los PUS ecológicos sucesionales los parques más económicos con inversiones cercanas a los 1700 millones de pesos y los más costosos los PUS eficiencia energética de biotopos con una inversión promedio de 5500 millones de pesos. Los costos de mantenimiento variaron entre bajos a medios en los PUS, presentando los PUS ecológicos sucesionales y PUS eficiencia energética hardscape costos bajos de mantenimiento y el PUS eficiencia energética de biotopos costos medios de mantención. Por el contrario, los PUT tuvieron altos costos de mantenimiento y los PUN tuvieron costos medios de mantención, siendo elevado el costo de mantenimiento promedio en el PPU. La reducción de consumo hídrico fue alta en los PUS y baja en el PPU, siendo media en los PUN y baja en los PUT. El uso de luminarias LED y paneles fotovoltaicos fue media tanto para los PUS, como al promedio del PPU, que si bien ha reemplazado, mayoritariamente las luminarias convencionales por luminarias LED, aún no incorpora masivamente el uso de paneles fotovoltaicos. Los mobiliarios antivandálicos también alcanzaron valores medios tanto en los PUS, en donde los PUS ecológico sucesionales tienen un valor bajo y el PUS eficiencia energética hardscape tiene un valor alto, como en el PPU. El reciclaje efectivo, acoplado a sistemas de revalorización de desechos, resultó medio en los PUS y bajo en el PPU. La reutilización de aguas grises fue ausente en los parques estudiados, tanto en los PUS como en el PPU, por el contrario la reutilización de aguas lluvias fue elevada en los PUS e inexistente en los parques del PPU.

Tabla 48. Resumen comparativo de las principales variables de diseño, ecológicas, sociales económicas y de gestión para los distintos tipos de PUS, PUT Y PUN

| VARIABLES | PUS
ECS | PUS
EEH | PUS
EEB | PUT | PUN | PPU | PUS |
|--|------------|------------|------------|------|------|------|---------|
| <i>Variables de diseño (% superficie)</i> | | | | | | | |
| Tipología (urbano - periurbano) | PUR | URB | URB | URB | PUR | URB | URB |
| Asociación elemento natural | SI | NO | S/N | NO | SI | S/N | S/N |
| Superficie total ha) | 13,2 | 1,6 | 4,0 | 5,8 | 17,0 | 8,8 | 6,3 |
| %Zonas recreativas | 21,3 | 5,5 | 22,0 | 68,0 | 31,2 | 49,6 | 16,3 |
| % Césped | 1,3 | 5,5 | 17,2 | 45,2 | 7,9 | 26,6 | 8,0 |
| %Pradera natural | 20,0 | 0,0 | 2,3 | 14,8 | 18,2 | 16,5 | 7,4 |
| %Área de juegos infantiles y áreas deportivas | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 8,0 | 5,1 | 6,6 | 0,8 |
| % Zonas ecológicas | 53,8 | 53,5 | 50,0 | 0,4 | 50,7 | 25,6 | 52,4 |
| %Biotopos | 0,0 | 13,5 | 39,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,6 |
| %Jardines xéricos | 2,5 | 33,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,4 |
| %Humedales | 0,0 | 0,0 | 6,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 |
| %Blue áreas (agua) | 0,0 | 7,0 | 2,2 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 3,1 |
| % Bosquete sucesional | 51,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 50,4 | 25,2 | 17,1 |
| %Superficies , caminos e infraestructura | 22,8 | 41,0 | 27,5 | 31,2 | 18,0 | 24,6 | 30,4 |
| %Instalaciones adicionales | 2,3 | 0,0 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 0,7 |
| <i>Variables ecológicas</i> | | | | | | | |
| Adecuación bioclimática flora | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ |
| Presencia de flora nativa | ++ | ++ | +++ | + | ++ | + | +++ |
| Conectividad con espacios verdes | +++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ |
| % Cobertura vegetal total | 75,0 | 52,0 | 60,6 | 59,0 | 73,0 | 66,0 | 63,9 |
| Arquitectura revelatoria de procesos | +++ | + | ++ | 0 | + | 0 | ++ |
| <i>Variables económicas y de gestión</i> | | | | | | | |
| Costo de inversión (mm\$) | 1,7 | 2,9 | 5,5 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 3,4 |
| Costo Inversión unitario (M\$(m ²) ⁻¹) | 12,9 | 181,3 | 137,5 | 13,8 | 7,1 | 11,4 | 54,3 |
| Costos de mantenimiento | + | + | ++ | +++ | ++ | +++ | + / +++ |
| Reducción consumo hídrico | +++ | +++ | ++ | + | ++ | + | +++ |
| Luminarias LED y panel fotovoltaico | + | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Mobiliarios antivandálicos | + | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Reciclaje | + | + | ++ | + | + | + | ++ |
| Reutilización de aguas grises | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reutilización de aguas de lluvia | ++ | ++ | +++ | 0 | 0 | 0 | +++ |
| <i>Variables sociales</i> | | | | | | | |
| Recreación y deportes | + | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ |
| Paseo y educación ambiental | +++ | + | +++ | + | ++ | + | +++ |
| Actividades físicas varias | + | + | + | +++ | +++ | +++ | + |
| Esparcimiento y encuentro social | + | +++ | ++ | +++ | ++ | +++ | ++ |
| Inclusión y accesibilidad universal | + | ++ | ++ | + | + | + | ++ |
| Educación ambiental auto guiada | ++ | + | +++ | 0 | + | 0 | ++ |

Finalmente, en lo referente a las variables sociales el uso de recreación y deportes fue medio en los PUS, siendo bajo en los PUS ecológico sucesionales y medio en los PUS eficiencia energética hardscape y PUS eficiencia energética biotopos, a diferencia del alto valor en el PPU, tanto en parques naturales como tradicionales. El uso de paseo y educación ambiental fue alto en los PUS, a excepción del PUS eficiencia energética hardscape en donde este valor fue bajo y también fue bajo en el PPU, siendo medio en los parques naturales y bajo en los parques tradicionales. El uso y promoción de actividades físicas variadas fue elevado en el PPU y bajo en los PUS. El esparcimiento y encuentro social resultaron ser medios en los PUS, alto en el PUS eficiencia energética hardscape, medio en el PUS eficiencia energética biotopos, bajo en el PUS ecológico sucesional y alto en los parques tradicionales y naturales del PPU. La inclusión y accesibilidad universal tomaron valores medios en los PUS y valores bajos en el PPU. La educación ambiental autoguiada presentó valores medios en los PUS, siendo alta en los PUS eficiencia energética biotopos, media en los PUS ecológica sucesional y baja en los PUS eficiencia energética hardscape, en el caso del PPU es inexistente, ya que se pudo establecer como baja en los parques naturales e inexistente en los parques tradicionales.

3.4 Índice de sustentabilidad de parques urbanos

3.4.1 Resultados del índice de sustentabilidad

En la Tabla 50 se puede apreciar que los valores puntuados en el índice de los parques urbanos tradicionales presentaron una baja puntuación en los indicadores ecológicos, 3 puntos de un total de 15 puntos, lo que equivalió a un 20% del potencial total de los indicadores. La puntuación de los indicadores económicos también fue baja con una puntuación de 3,5 sobre un total de 15 puntos, lo que equivalió a un 23 % del potencial de los indicadores. Los indicadores de la dimensión social tuvieron una puntuación mayor de 8 puntos sobre un máximo de 15, generando una representación del 53%; siendo la tasa de visitas el indicador con mayor puntuación y la educación ambiental el indicador con puntuación nula para la dimensión social. El valor total del índice fue de 14,5 puntos de un máximo posible de 45, lo que significa que el parque urbano tradicional solamente abarcó un 30% de su potencial de sustentabilidad.

Tabla 50. Resumen de las puntuaciones obtenidas para el índice de sustentabilidad

| | Parque tradicional | Parque natural | Parque sustentable | Parque eficiente | Sitio eriazo |
|--|--------------------|----------------|--------------------|------------------|--------------|
| ECOLOGICA | 3 | 8 | 15 | 10 | 7 |
| Flora nativa | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| Flora Perennifolia | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| Conectividad | 0 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| Valor de hábitat | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Cobertura vegetal | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| ECONOMICA | 3,5 | 8 | 15 | 12 | 15 |
| Razón de inversión | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Mantenimiento mensual | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Consumos básicos | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Gestión de residuos | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| Eficiencia energética | 0,5 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| SOCIAL | 8 | 8 | 15 | 11 | 0 |
| Tasa de visitas | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| Actividades desarrolladas | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| Seguridad | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 |
| Participación ciudadana | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| Educación Ambiental | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| Suma total | 14,5 | 24 | 45 | 33 | 22 |
| desviación estándar | 0,9 | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 1,5 |
| Inverso desviación estándar | 1,2 | 1,6 | 3,0 | 1,5 | 0,7 |
| Valor total del índice de sustentabilidad | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,4 |

El parque urbano natural presentó puntuaciones mayores que el parque urbano tradicional, la dimensión ecológica puntuó 8 puntos sobre un total de 15, equivalentes a un 53%, siendo los indicadores de hábitat, flora nativa y conectividad ecológica aquellos que se diferenciaron con el parque urbano tradicional, puesto que este último no tiene valor en dichos indicadores. El 53% de la dimensión ecológica se vio influenciada por los valores de hábitat, conectividad ecológica y flora perennifolia. La dimensión económica también tuvo una puntuación de 8 sobre 15, representando un 53 % del valor total de sustentabilidad, esto se debió a los valores medios y altos de los costos de mantenimiento, inversión inicial,

eficiencia hídrica y consumos básicos mensuales. La dimensión social también registró 8 puntos sobre 15, por lo que alcanzó el 53 % del valor total, siendo similar al parque urbano tradicional, con la diferencia de que la tasa de visitas y la seguridad fue menor, pero asimismo el número de actividades desarrolladas y los programas de educación ambiental tuvieron un valor comparativamente más alto. El valor total del índice fue de 24 puntos de un máximo posible de 45, lo que significa que el parque urbano natural abarcó un 50% de su potencial de sustentabilidad.

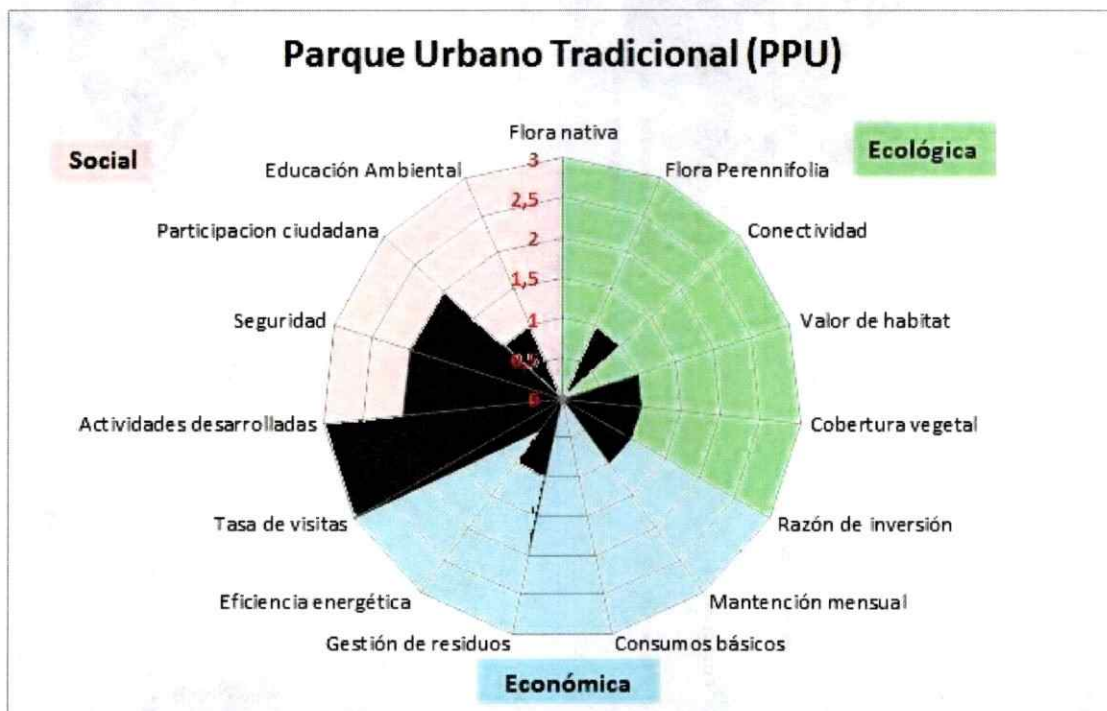
El parque urbano sustentable correspondió a los valores promedios obtenidos del análisis de casos de los PUS, en donde tuvieron una representación máxima de los valores en todos los indicadores de las tres dimensiones del índice, es decir ecológica, económica y social presentaron la mayor puntuación (15 de 15), siendo 100 % sustentable.

El parque urbano eficiente energético (Parque Bicentenario Vitacura) presentó los valores más altos de los parques evaluados en A.M.S. La dimensión ecológica tuvo un valor de 10 puntos de un total de 15, lo que equivalió al 66 % de la sustentabilidad ecológica, el mayor valor que evidenció fue el de hábitat, al interior del parque, y el menor valor correspondió a la conectividad ecológica. Económicamente puntuó valores elevados obteniendo 12 puntos de un máximo de 15, lo que equivalió al 80 % del valor total de sustentabilidad, esto se debió al máximo valor entre la razón de costos de inversión y costos de mantenimiento que presentó, además de los valores altos en los indicadores de eficiencia hídrica y energética. Socialmente los indicadores también tuvieron una puntuación elevada exhibiendo 11 puntos de un máximo de 15, lo que se tradujo en un 73 % del valor total, los principales valores correspondieron a los indicadores de seguridad y tasas de visitas, siendo el de educación ambiental el indicador con menor valor. El valor total del índice es de 33 puntos de un máximo posible de 45, lo que significó que el parque urbano eficiente abarcó un 73% de su potencial de sustentabilidad.

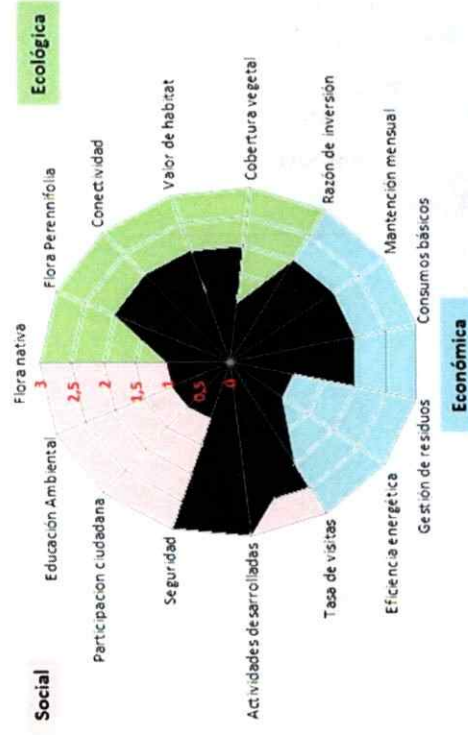
El sitio eriazo urbano puntuó valores de 7 sobre un máximo de 15 en la dimensión ecológica, lo que equivalió a un 47 % de su potencial, los indicadores con valores más altos correspondieron a cobertura vegetal y valor de hábitat para la biodiversidad urbana. Asimismo, la conectividad y la presencia de flora nativa tuvieron una puntuación nula, para el sitio eriazo urbano evaluado. La dimensión económica, teóricamente, alcanzó el máximo

posible de 15 puntos, ya que económicamente y energéticamente los sitios eriazos se autosustentan, sin recurrir a la menor inversión financiera. Sin embargo, los indicadores sociales presentaron un valor prácticamente nulo, ya que no alcanzaron los estándares de seguridad, tasa de visitas, actividades desarrolladas, participación ciudadana y educación ambiental propuesto por los indicadores.

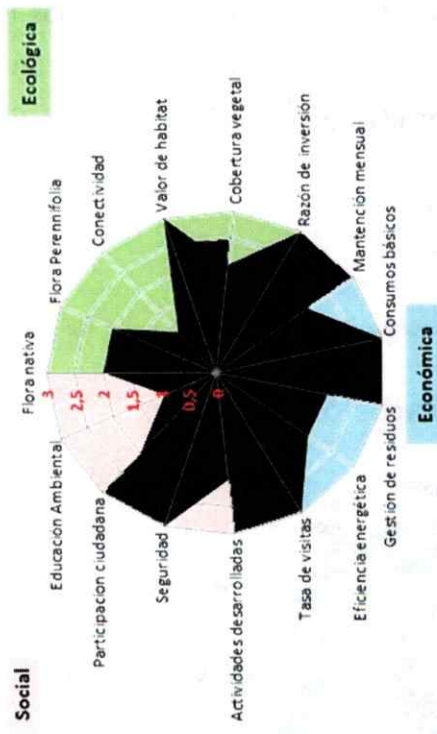
Figura 34. Diagramas de araña que visualizan la puntuación de los indicadores del índice de sustentabilidad



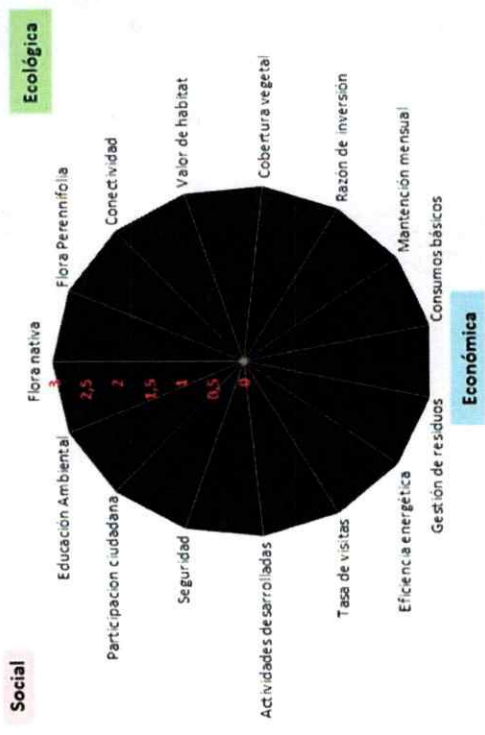
Parque Urbano Natural (PPU)



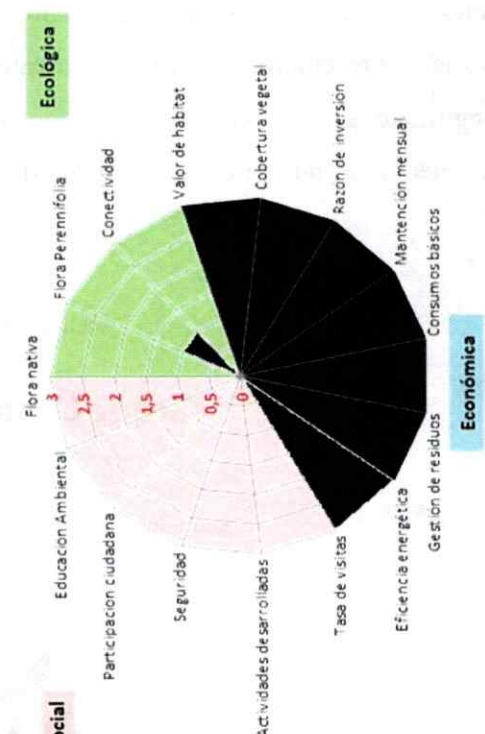
Parque urbano Ecoeficiente (Bicentenario - Vitacura)



Parque Urbano Sustentable



Wasteland Urbano



Los valores de los indicadores obtenidos en el índice de sustentabilidad se visualizaron en los diagramas de araña expuestos en la Figura 34. En los diagramas de araña las superficies de color negro muestran el valor de los indicadores evaluados por el índice, las superficies de fondo verde corresponden a los indicadores ecológicos, las superficies celestes son aquellos indicadores del área económica y las superficies rosadas corresponden a los servicios ecosistémicos culturales o valores sociales de los parques. Como es posible apreciar el caso del parque urbano tradicional tuvo mayor presencia en los indicadores del área social particularmente en la tasa de visitas, actividades desarrolladas y seguridad. La dimensión ecológica tuvo una representatividad restringida con valores bajos para los indicadores de flora perennifolia, valor de hábitat y cobertura vegetal. La dimensión económica fue la menor representada.

El parque urbano natural abarcó una superficie global mayor que el parque urbano tradicional, con una distribución más equilibrada en cuanto al valor de los indicadores. Los principales indicadores representados del área social se corresponden con el parque urbano tradicional siendo la tasa de visitas y el número de actividades desarrolladas aquellos de mayor puntuación. En la dimensión ecológica cobraron relevancia los indicadores de conectividad, flora perennifolia y valor de hábitat. Asimismo, también puntuaron en una categoría menor la flora nativa y la cobertura vegetal. Los indicadores del área económica tuvieron mayor superficie, especialmente la razón de inversión, el costo de mantención y los consumos básicos.

El parque urbano eficiente fue la estructura más equilibrada de las anteriores y con mayor superficie representada, siendo más sustentable que el parque urbano tradicional y natural. Los indicadores del área social tuvieron una superficie mayor de representación ya que se añadieron las puntuaciones en participación ciudadana y educación ambiental. Los indicadores de la dimensión ecológica más representados fueron la flora nativa, valor de hábitat y cobertura vegetal. La dimensión económica destacó por valores altos representados para los indicadores de razón de inversión, consumos básicos, costos de mantención, asimismo también se observaron puntajes en las áreas de gestión de residuos y eficiencia energética.

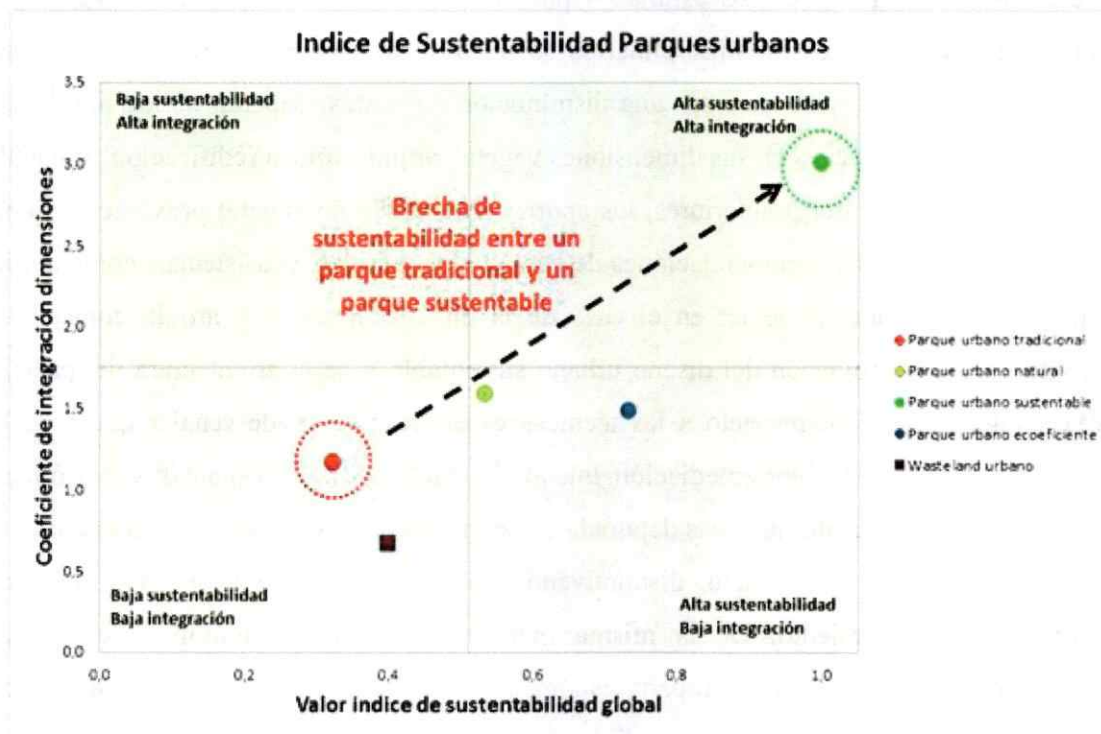
El parque urbano sustentable tuvo la mayor representatividad teórica abarcando la totalidad de la superficie de los indicadores multidimensionales.

Finalmente, el sitio eriazo urbano exhibió un aporte nulo, en términos de la representación de los indicadores sociales. Los indicadores ecológicos tuvieron mayor presencia en cuanto al valor de hábitat y cobertura vegetal. La dimensión económica tuvo una representatividad teórica perfecta en cuanto a los indicadores económicos, ya que presentó una eficiencia máxima en términos de autosustentabilidad.

3.4.2 Interpretación global del índice de sustentabilidad

El gráfico de la Figura 35 brinda una visión global del índice de sustentabilidad, ya que gráfica la interacción entre el valor del índice de sustentabilidad y el coeficiente de integración de las dimensiones, generando cuatro escenarios en el área total del gráfico. La zona inferior izquierda corresponde a bajos valores de sustentabilidad y muy poca integración entre las dimensiones evaluadas. La zona inferior derecha corresponde a un escenario en donde dos dimensiones presentan un elevado valor de sustentabilidad, pero la integración entre las tres dimensiones sigue siendo baja. La zona superior izquierda corresponde a un escenario donde la integración multidimensional es alta, pero los valores de sustentabilidad son bajos. La zona superior derecha corresponde a un escenario en donde existe un alto valor global de sustentabilidad y un elevado valor de integración entre las dimensiones evaluadas.

Figura 35. Gráfico del índice de sustentabilidad que enfrenta el valor global del índice con el coeficiente de integración de las dimensiones para las cinco tipologías de parques urbanos evaluadas.



El gráfico permite apreciar que los parques urbanos tradicionales se encontraron en un escenario de baja sustentabilidad y baja integración, al igual que el sitio eriazo que tiene un valor levemente mayor de sustentabilidad pero menor de integración. Los parques urbanos naturales se localizaron cercanos al centro del gráfico, lo que significó que tuvieron un valor medianamente alto de sustentabilidad y de integración multidimensional. El parque urbano eficiente presentó un valor de sustentabilidad mayor, pero aún no logró una integración multidimensional elevada. Finalmente el parque urbano sustentable se localizó en el mejor escenario donde los valores de sustentabilidad y de integración multidimensional resultan elevados.

3.5 Modelo lineal de simulación de costos de mantención PUT y PUS

3.5.1 Recomendaciones de sustentabilidad para disminuir costos de mantenimiento

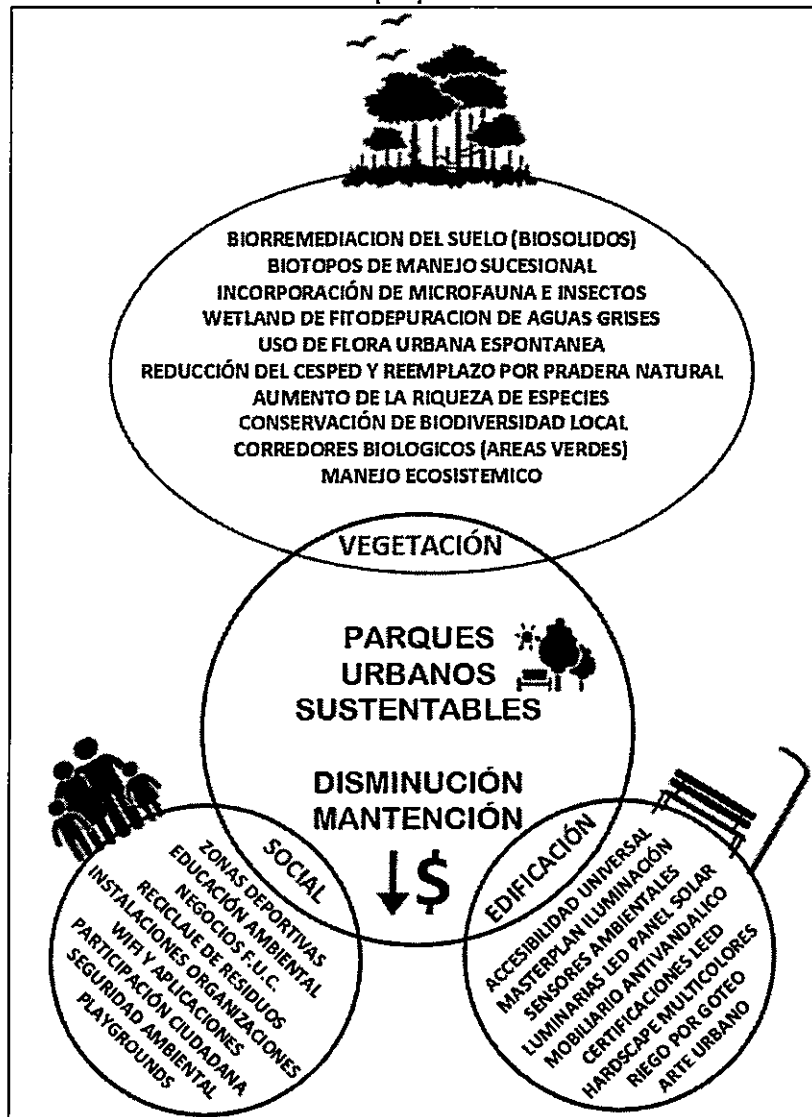
La Tabla 75 (anexo) da una descripción detallada de las recomendaciones de sustentabilidad provenientes de las herramientas conceptuales interdisciplinarias; sus

aportes en porcentajes a la disminución de costos y los valores modelados de costos referenciales del PPU y de los estimados por el aporte de estas recomendaciones. Una síntesis de estos aportes interdisciplinarios se puede encontrar en la Figura 36, allí se aprecia que los PUS, para ostentar una disminución de costos, deberán aplicar múltiples herramientas conceptuales en sus dimensiones vegetal, arquitectónica (edificación) y social. Como se expresó en ítems anteriores, los aportes para el diseño vegetal provienen de una síntesis de conceptos y recomendaciones de ecología de paisajes, ecosistemas, comunitaria y biogeografía, principalmente; en el caso de la dimensión social y arquitectónica, las recomendaciones provienen del diseño urbano sustentable y de la arquitectura del paisaje (véase Figura 20). Con respecto a las técnicas específicas se puede señalar que para la componente vegetal la biorremediación inicial del suelo utilizando plantas y biosólidos residuales del tratamiento de aguas depuradas, incrementa los niveles de materia orgánica y nutrientes presentes en el suelo, disminuyendo en un porcentaje mayor las posteriores labores de mantenimiento. De la misma manera: el diseño de biotopos de manejo sucesional; el empleo de flora urbana espontánea (malezas); la incorporación de micro fauna e insectos (lagartijas, insectos polinizadores, anfibios y peces para los humedales); el uso de humedales de fitodepuración de aguas grises; el incremento de la riqueza de especies; la difusión y promoción de la conservación de flora endémica y vulnerable; la generación de asociaciones del tipo corredores biológicos urbanos; y propiciar un manejo ecosistémico que sea adaptativo a las condiciones del parque. Todos estos elementos confluyen en potenciar la provisión de servicios ecosistémicos de valor ecológico y ambiental, disminuyendo los costos de mantenimiento del sistema vegetal en un 59 %, con respecto a un PUT, al tener presente el enfoque ecosistémico.

El diseño urbano sustentable aporta innovaciones para mejorar la provisión de servicios ecosistémicos culturales al componente social (usuarios y comunidad aledaña al parque), entre los que destacan: la generación de zonas deportivas sustentables; educación ambiental autoguiada como principio clave del masterplan; incorporación de pequeños negocios al interior del parque que contribuyan a financiar el mantenimiento mediante ley F.U.C.; reciclaje y revalorización de residuos inorgánicos; instalaciones para las organizaciones sociales comunales; WI- FI gratuita al interior del parque y aplicaciones para smartphones con información del parque y juegos de educación ambiental para niños; mecanismos de

participación ciudadana para evaluar la gestión de mantenimiento y generación de eventos comunitarios masivos de limpieza participativa; seguridad ambiental basada en los principios de diseño; área de juegos infantiles naturales y sustentables para que los niños puedan tener un contacto directo con elementos naturales. Estas innovaciones tienden a generar sentimientos de pertenencia y apropiación del espacio público entre los usuarios, además de innovaciones que inciden en fomentar el cuidado, la limpieza y el buen uso del parque, aspectos que se traducen en una disminución aproximada del 12 % del gasto en labores de seguridad, un 20 % en el aseo y limpieza y un 25 % en las labores ocasionales de reposición de mobiliario.

Figura 36. Resumen de las recomendaciones de sustentabilidad (véase Tabla 75 anexo) y sus aportes a la disminución de los costos de mantenimiento en un parque urbano sustentable



Finalmente, la componente arquitectónica del parque, que es la interfaz que permite y facilita la interacción de los usuarios con la naturaleza, se nutre de aportes e innovaciones tanto del diseño urbano sustentable como de la arquitectura del paisaje. Entre las innovaciones que se proponen destacan: la accesibilidad universal en los accesos e instalaciones del parque; un masterplan de iluminación para usar eficientemente el recurso y no dilapidar energía en sectores sobreiluminados; sensores ambientales que permitan medir la temperatura, el grado de humedad para reducir el consumo hídrico mediante un sistema de riego automatizado y adaptativo a las condiciones de evapotranspiración; uso de luminarias LED con paneles solares fotovoltaicos incluidos, y también diseños híbridos que combinen la energía solar con la energía eólica para generar una mayor autonomía; mobiliario antivandálico resistente y de fácil reposición, con pinturas y superficies antigraffiti; superficies duras multicromáticas (hardscape) que permiten generar ritmo e intensidad más lúdica a las zonificaciones del parque, para diseñar programas arquitectónicos y contrastes armónicos con la flora urbana espontánea; edificaciones bioclimáticas y que posean certificaciones de construcción sustentable (LEED SYSTEM, etc.); incorporación de arte urbano que realce el sentido de lugar del parque. Se estima que aplicando estas innovaciones se pueden disminuir en un 55% los costos de mantención general de un parque urbano.

En síntesis, se sostiene que si un parque urbano aplica las recomendaciones expresadas con anterioridad, se podría transformar en un PUS, pudiendo generar inclusive una disminución de costos de mantenimiento próxima a un 75% del costo actual de mantención de un parque urbano tradicional.

3.5.2 Datos de calibración del modelo

La Tabla 76 (anexo) resume los datos ingresados al modelo, se puede apreciar los ítems de mantenimiento, los valores de las variables dependientes en los PUS y PUT simulados (superficies en las espacios y cantidad en los objetos discretos), sus respectivos coeficientes de determinación lineal (R^2) en relación a los costos de mantención y su valor de significancia estadística; también se presentan los porcentajes de incremento anual e interlicitación (cada 3 años) para los ítems de mantención de los PUT analizados y del PUS simulado.

3.5.3 Características del PUS simulado

Los PUS simulados por el modelo lineal, correspondientes a las superficies de 2 ha, 6 ha y 17 ha, tienen como características de diseño las referidas en Tabla 51, que determinan los porcentajes máximos y empleados para las zonificaciones ecológicas y recreativas. Se puede señalar que las zonas ecológicas alcanzaron un 50 %, desglosado en: 40 % de la superficie asignada a biotopos de manejo sucesional, 5 % hardscape y paisaje xérico y 5 % humedales de fitodepuración de aguas lluvias y grises. El otro 50 % lo componen las zonas recreativas, en donde las superficies de césped, pavimentos de goma, césped sintético, pradera natural, pavimentos blandos, área de juegos infantiles naturales y áreas deportivas conforman el 30%, el otro 20 % restante se le asigna a las circulaciones e instalaciones del parque.

Tabla 51. Zonificaciones y superficies de los PUS simulados

| Zonificaciones | % máximo | % PUS | Superficie (m ²) PUS 2 ha | Superficie (m ²) PUS 6 ha | Superficie (m ²) PUS 17 ha |
|---|----------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| <i>Zonas ecológicas</i> | | | | | |
| Biotopos de manejo sucesional | 50 | 40 | 8.000 | 24.000 | 68.000 |
| Hardscape y paisajismo xérico | 20 | 5 | 1.000 | 3.000 | 8.500 |
| Humedales fitodepuración | 15 | 5 | 1.000 | 3.000 | 8.500 |
| <i>Zonas recreativas</i> | | | | | |
| Césped; pradera natural; gomas; Deck; área de juegos infantiles; deportivas | 40 | 30 | 6.000 | 18.000 | 51.000 |
| Circulaciones e instalaciones | 25 | 20 | 4.000 | 12.000 | 34.000 |

3.5.4 Simulación del mantenimiento vegetal

El mantenimiento vegetal por efecto del manejo sucesional de biotopos, y demás recomendaciones enunciadas en el ítem anterior, puede alcanzar una disminución total del 59 % en su etapa inicial un PUS. La Figura 37 sintetiza gráficamente las salidas del modelo para las principales labores de mantenimiento vegetal. El primer gráfico muestra el mantenimiento del césped en un PUT (curva verde), en comparación a otras alternativas al césped. Asimismo, la Tabla 52 enuncia detalladamente los costos de inversión, el ahorro en relación al césped y los costos mantención de las alternativas al césped. Una alternativa al césped consiste en reducir el césped a un porcentaje menor al 10 % de la superficie total

del parque y emplear mezclas de especies resistentes a la sequía y pisoteo intensivo como *Cynadomon spp* y *Lolium spp* (ver los detalles en la Tabla 75 del anexo), de esta manera se puede generar un ahorro cercano al 80 % en comparación al césped tradicional, sin aumentar los costos de inversión. Otra alternativa bastante eficiente y empleada en los PUS, es el reemplazo del césped por las superficies de pradera natural con mínimo mantenimiento, el costo de inversión fue un 63 % más económico y el costo de mantenimiento puede ser casi un 90 % menos oneroso. Reemplazar grandes superficies de césped por hardscape multifuncional también es una alternativa, pero los costos de inversión son 3 veces mayores a los del césped y se puede generar un ahorro de hasta el 75 %. El reemplazo del césped por superficies blandas y pavimentos de gomas constituye una alternativa con un costo de inversión 3,5 veces mayor que el césped, pero que puede generar un ahorro potencial de hasta un 90 % en los costos de mantenimiento. El césped artificial se comporta similar a los pavimentos de goma, siendo la inversión inicial casi 4 veces mayor que el césped, pero generando ahorros de mantenimiento de hasta un 90 %.

Tabla 52. Síntesis de los costos de inversión y mantención de superficies alternativas al césped

| Alternativa | Costo unitario Inversión ($\$/m^2$ - ¹) | % Diferencia inversión Césped* | Costo unitario Mantención ($\$/m^2$ - ¹) | % Ahorro mantención Césped |
|--|--|--------------------------------|---|----------------------------|
| Césped | 4.000 | - | 2.358 | - |
| Reducción de césped (< al 10 % superficie total) | 4.000 | 0 | 468 | 80 |
| Pradera natural | 1.500 | A. 63 | 276 | 88 |
| Hardscape (superficies duras) | 12.000 | I. 200 | 578 | 75 |
| Pavimentos de gomas | 14.000 | I. 250 | 227 | 90 |
| Césped artificial | 15.000 | I. 275 | 227 | 90 |

Nota*: En el % de diferencia de inversión en relación al césped A.= Ahorro e I.= Incremento (gasto mayor).

Retomando, el gráfico 1 de la Figura 37, permite apreciar que las alternativas para disminuir los costos de mantenimiento tienen costos de inversión mayores a los del césped, pero desde el primer año se obtienen rendimientos notables en cuanto a la disminución de costos y, por ejemplo, la pradera natural puede mantener los costos de mantención bajos y estables durante todo el ciclo de vida del parque (etapa inicial: 0 a 5 años ; etapa de crecimiento y maduración: 5 a 10 años; etapa de consolidación y madurez: 10 a 15 años). No obstante, las superficies de pavimentos duros, gomas y césped artificial tenderán a

incrementar anualmente sus costos de mantenimiento por efectos del desgaste, reemplazo de los materiales y por el encarecimiento de las labores.

El gráfico 2 ilustra la dinámica del mantenimiento de árboles y arbustos para un PUT (curva punteada naranja) y para un PUS (curva celeste). Los costos de inversión en un PUS se triplican, debido a que aumenta también la densidad arbórea por efectos del diseño de biotopos y manejo sucesional (ver valores en la Tabla 76 del anexo), sin embargo antes de finalizar los primeros 5 años ya se amortizan los costos de inversión, debido a los ahorros en mantenimiento que alcanzan un 35 % promedio en la fase inicial, luego este ahorro casi se duplica alcanzando un 63 % en la fase de crecimiento y maduración del parque, y finalmente, de los 10 a 15 años en adelante, los costos disminuyen sobre el 80 % debido a la consolidación del ecosistema.

La gráfica 3 muestra la dinámica de la labor binazón del suelo, la curva naranja punteada corresponde a un PUT y la curva celeste simula la dinámica de esta labor en un PUS. Se aprecia una notable disminución inicial (por efectos del tratamiento de suelos con las herramientas conceptuales y tecnologías descritas detalladamente en las Tabla 72, Tabla 73, Tabla 74 y Tabla 75 del anexo) que alcanza un 72 % en su fase inicial, luego aumenta a un 85 % en la fase de maduración y finalmente puede alcanzar un ahorro del 95 % en la etapa de madurez y establecimiento del ecosistema, dado que se consolidan los procesos ecosistémicos de ciclados de nutrientes y de formación de hojarasca en el suelo.

El gráfico 4 muestra la dinámica de la simulación del mantenimiento de cubresuelos en un PUT (línea punteada naranja) y un PUS (curva azul). En los PUS, al tratarse de cubresuelos adecuados biológicamente y conformados principalmente por flora urbana espontánea que no requieren mayores mantenimientos, los costos disminuyen un 85 % en la etapa inicial, luego el ahorro aumenta a un 85 %, alcanzando finalmente casi un ahorro total del 98 % en la etapa de madurez, debido al tránsito sucesional, con mínima intervención (recorte cada 6 meses).

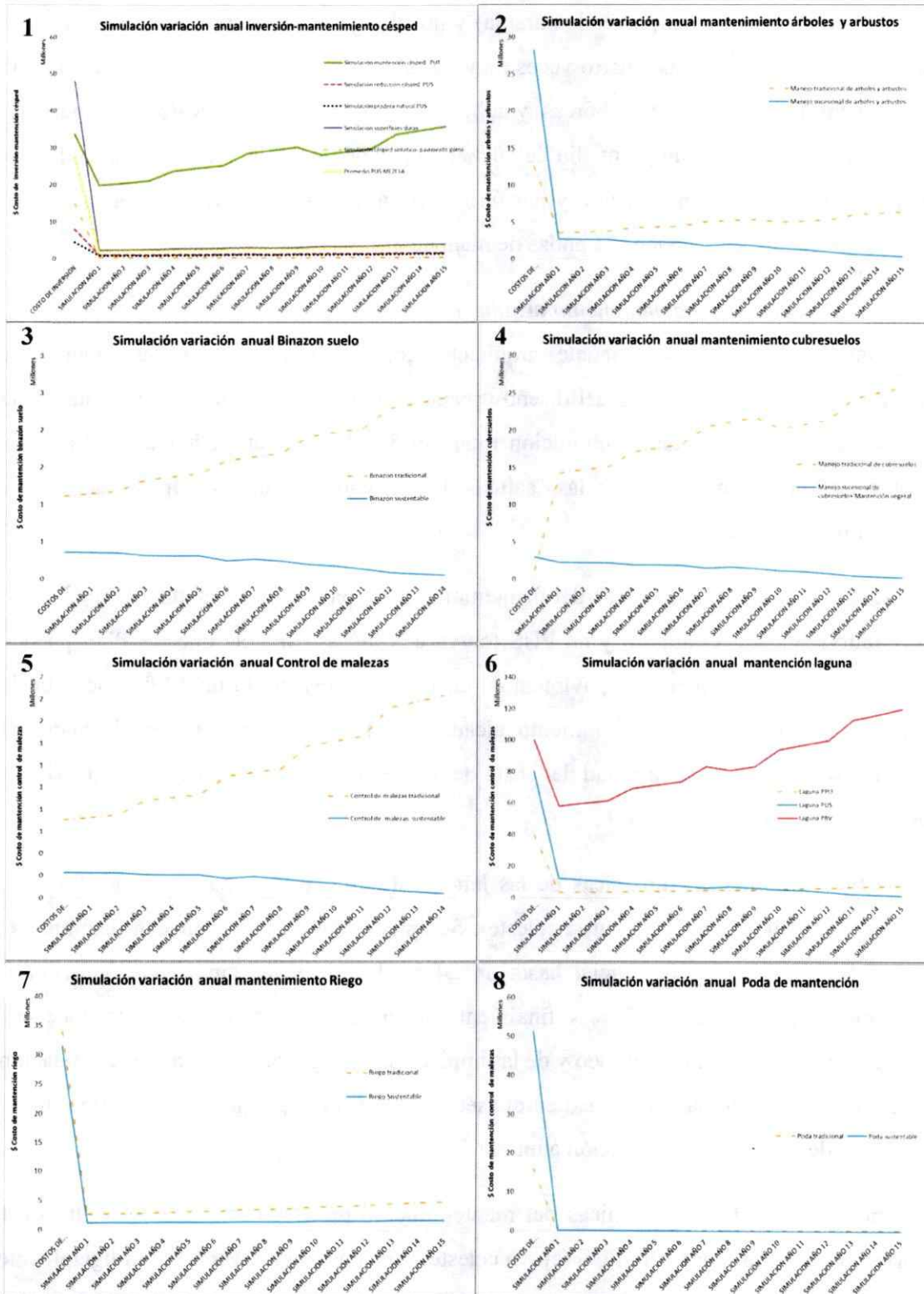
El gráfico 5 ilustra la simulación de los costos de mantención para el control de malezas, la curva punteada naranja equivale al mantenimiento tradicional de un PUT, la curva celeste representa la dinámica del mantenimiento de malezas en un PUS. En los PUS básicamente

existen dos estrategias para el control de malezas; en primera instancia la integración en zonas sucesionales de flora urbana espontánea bien delimitadas arquitectónicamente con un mantenimiento restringido a recortes ocasionales, en caso de sobrepasar algunos márgenes de altura y extensión. La segunda estrategia se debe a la reducción de nichos por efectos ecosistémicos al interior de los biotopos, potenciada por las técnicas de mulching y Xeropaisajismo. La combinación de estas estrategias permite un ahorro del 72 % en la fase inicial del parque, luego se acrecienta a un 84 % en la fase de maduración y finalmente puede llegar a un 95 % en la etapa de madurez y consolidación ecosistémica.

La gráfica 6 muestra la labor de mantenimiento de lagunas para tres tipos de sistemas: la curva de color burdeos representa la simulación del mantenimiento de la laguna ecológica del parque Bicentenario de Vitacura (PBV), la curva naranja punteada corresponde a las lagunas ornamentales y de riego de los PUT y la curva celeste simula un humedal de fitodepuración de un PUS. Se aprecia que los mayores costos de inversión y mantenimiento en el tiempo corresponden a la laguna del PBV, que asemeja un ecosistema, pero que requiere de una gran inversión para mantener las especies de avifauna acuáticas (cisnes de cuello negro, flamencos y taguas) que se introdujeron al parque. Luego la dinámica de un humedal requiere un costo de inversión mayor y un mantenimiento intensivo mayor que las lagunas de los PUT, pero este se amortiza en la fase de maduración, es decir después de 10 años de establecimiento del sistema se debería esperar una disminución de costos en mantenimiento en comparación a las lagunas ornamentales de los PUT, estas últimas requieren una inversión menor y un costo de mantenimiento inicial menor, pero su provisión de servicios ecosistémicos es bastante restringida, en comparación a los humedales de fitodepuración.

La gráfica 7 simula la dinámica de la labor de riego en PUT (curva naranja punteada) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión son relativamente similares, considerando sistemas de riego automatizados, se puede señalar que en un PUS el gasto en mantenimiento del riego disminuye un 55 % en la fase inicial, luego en la etapa de maduración el ahorro se incrementa a un 60 % y finalmente en la madurez el ahorro equivale a un 65 %.

Figura 37. Gráficos de simulación (15 años) de los principales ítems de mantenimiento vegetal PUT y PUS



Finalmente la gráfica 8 muestra la simulación de las podas de mantención en árboles y arbustos en un PUT (línea punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Se aprecia que los costos de inversión son casi cuatro veces mayores en los PUS que en los PUT, debido a la mayor cantidad de especies arbóreas y arbustivas requeridas. Los costos de podas de mantención disminuyen un promedio de 50 % en la etapa inicial de los PUS, luego decaen un 70 % en la fase de maduración y por último en la madurez se puede lograr un ahorro equivalente al 90 % en la labor de podas de mantención.

3.5.5 Simulación del mantenimiento arquitectónico

El mantenimiento del componente arquitectónico, correspondiente a las labores de mantención general, por efecto del diseño urbano sustentable y la participación ciudadana activa, pueden alcanzar una disminución total del 55 % en su etapa inicial un PUS. La Figura 38 sintetiza gráficamente las salidas del modelo para las principales labores de mantenimiento general.

El gráfico 1 simula las dinámicas del mantenimiento de pavimentos blandos y duros en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento de pavimentos en la fase inicial hasta un 40 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 45 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar la mitad del costo de mantenimiento de pavimentos y superficies (50%) en comparación a un PUT.

El gráfico 2 simula las dinámicas de las labores de aseo y limpieza en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Se aprecia que los PUS pueden disminuir el aseo y limpieza en la fase inicial hasta un 20 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 33 % y finalmente en la etapa de madurez se produce una tendencia a la disminución del aseo y de la limpieza, en sí misma, debido a la consolidación de la participación de la comunidad en el aseo y limpieza del parque, permitiendo estimar un ahorro del 65 %, en comparación a un PUT.

El gráfico 3 simula las dinámicas del mantenimiento de mobiliario urbano en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión son ligeramente mayores en los PUS, a diferencia de los PUT. Luego se aprecia que los PUS pueden

disminuir el mantenimiento de mobiliario en la fase inicial hasta un 79 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 81 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 83 %, en comparación a un PUT.

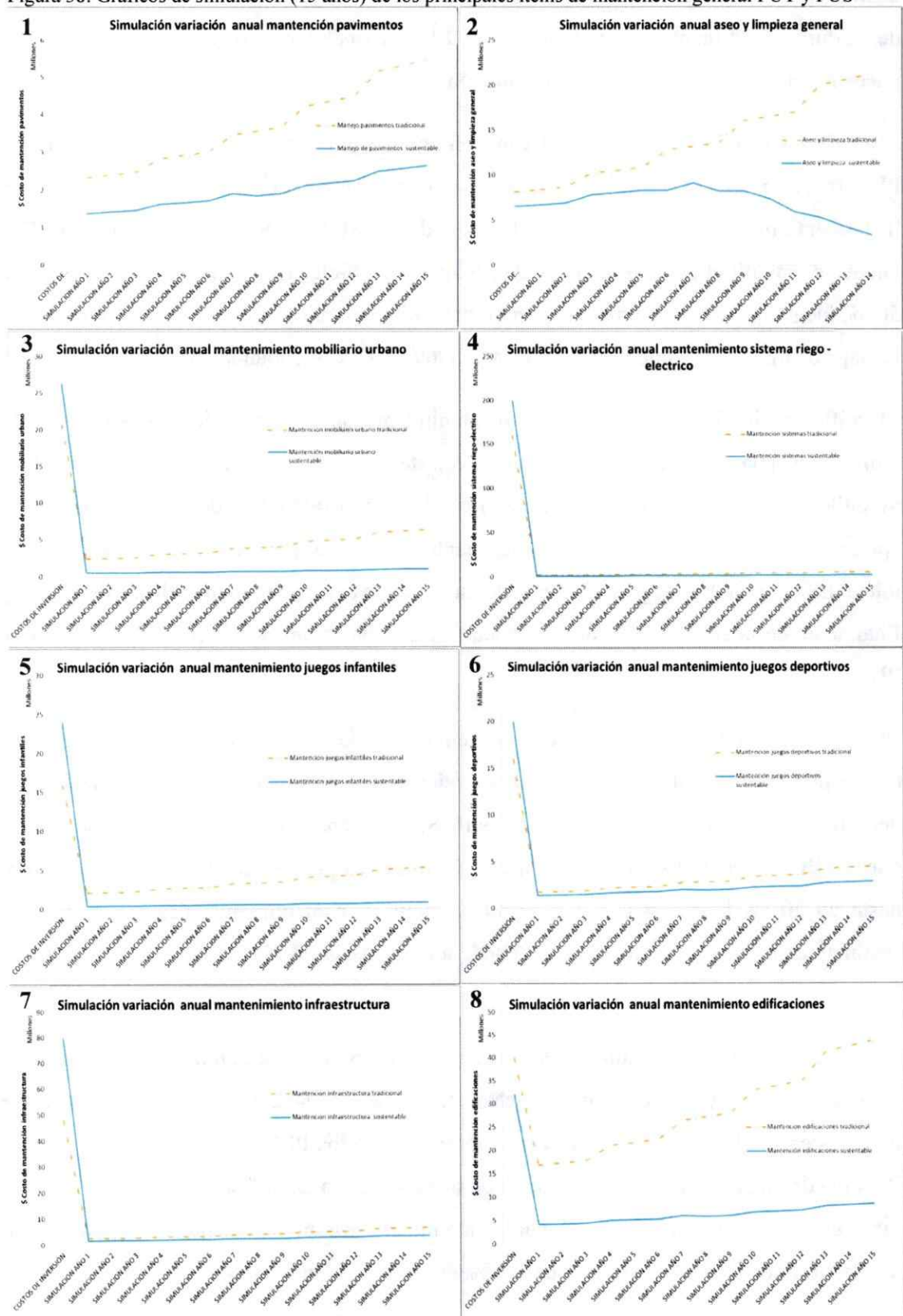
El gráfico 4 simula las dinámicas del mantenimiento del sistema de riego-eléctrico en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión son ligeramente mayores en los PUS, a diferencia de los PUT. Luego se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento del sistema de riego-eléctrico en la fase inicial hasta un 50 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 55 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 60 %, en comparación a un PUT.

El gráfico 5 simula las dinámicas del mantenimiento de los juegos infantiles en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión en los juegos infantiles son mayores en los PUS, casi los duplican, a diferencia de los PUT. Luego se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento de los juegos infantiles en la fase inicial hasta un 80 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 82 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 84 %, en comparación a un PUT.

El gráfico 6 simula las dinámicas del mantenimiento de los juegos deportivos en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión de los juegos deportivos son ligeramente mayores en los PUS, a diferencia de los PUT. Luego se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento de los juegos infantiles en la fase inicial hasta un 20 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 30 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 35 %, en comparación a un PUT.

El gráfico 7 simula las dinámicas del mantenimiento de infraestructura en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión en infraestructura son mayores en los PUS, casi los duplican, a diferencia de los PUT. Luego se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento de infraestructura en la fase inicial hasta un 35 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 40 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 45 %, en comparación a un PUT.

Figura 38. Gráficos de simulación (15 años) de los principales ítems de mantenimiento general PUT y PUS



El gráfico 8 simula las dinámicas del mantenimiento de las edificaciones en un PUT (curva punteada naranja) y un PUS (curva celeste). Los costos de inversión en edificaciones son ligeramente mayores en los PUT, a diferencia de los PUS. Luego se aprecia que los PUS pueden disminuir el mantenimiento de las edificaciones en la fase inicial hasta un 75 %, luego en la etapa de maduración el mantenimiento alcanza un 78 % y finalmente en la etapa de madurez se puede ahorrar hasta un 80 %, en comparación a un PUT.

3.5.6 Salidas finales del modelo para 3 tipos de parques simulados

La Tabla 53 presenta los valores de inversión inicial y mantención anual total simulados para tres parques urbanos de diferentes tamaños (2, 6 y 17 ha), en sus modalidades de diseño PUT y PUS. Los costos de inversión son en promedio un 20 % más elevados en los PUS que en los PUT, resultando, el PUS de 2 ha, un 11 % más costoso en su inversión; el PUS de 6 ha un 29 % más costoso; y el PUS de 17 ha un 21 % más caro que su homólogo PUT. La relación entre los costos de mantención total anual de los PUS y los PUT, es casi equivalente a tres veces, es decir que los PUS casi triplican el ahorro de mantención anual en comparación a un PUT. La proyección dinámica del ahorro de mantenimiento de los PUS, para los tres casos, equivale al 66 % de ahorro en relación a un PUT en la fase inicial. En la segunda etapa de maduración el porcentaje de ahorro se incrementa a un 76 % y finalmente en la etapa de consolidación y madurez del parque, como un ecosistema, el porcentaje alcanza un 82% de ahorro en comparación a su homólogo PUT. El promedio de ahorro anual total del modelo PUS (promediado entre los tres casos) equivale a un 69 %, considerando las diferencias iniciales en la inversión y un 75 % si no se consideran las diferencias iniciales de inversión. La Tabla 54 ejemplifica lo anterior, pero en vez de considerar los valores totales anuales, muestra como varían anualmente los costos de mantenimiento mensual unitarios ($\$(m^2)^{-1}$), esta información servirá para discutir con mayor facilidad los valores obtenidos del modelo. Las figuras muestran las salidas gráficas del modelo simulando los costos de mantenimiento total anual para las tres diferentes superficies de parques en sus modalidades PUT y PUS. La Figura 39 agrupa los seis parques totales, con sus respectivos costos de inversión y mantención segregados para mayor comprensión. La Figura 40 detalla y desglosa los casos por separado.

Tabla 53. Simulación de los costos de mantención anuales (Millones de \$) para PUT y PUS de 3 tamaños

| Superficie | Parque 2 ha | | Parque 6 ha | | Parque 17 ha | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Anual PUT (M\$) | Anual PUS (M\$) | Anual PUT (M\$) | Anual PUS (M\$) | Anual PUT (M\$) | Anual PUS (M\$) |
| Proyección Temporal | | | | | | |
| Costo inicial inversión | 572,1 | 637,4 | 1242,9 | 1604,8 | 2261,3 | 2730,8 |
| Año 1 | 140,8 | 49,2 | 238,5 | 86,5 | 233,8 | 91,0 |
| Año 2 | 145,1 | 49,0 | 245,8 | 87,4 | 240,9 | 91,9 |
| Año 3 | 149,5 | 48,9 | 253,3 | 88,4 | 248,3 | 93,0 |
| Año 4 | 171,9 | 48,9 | 290,5 | 90,3 | 284,8 | 95,1 |
| Año 5 | 177,1 | 49,1 | 299,4 | 91,7 | 293,5 | 96,5 |
| Año 6 | 182,5 | 47,6 | 308,6 | 89,4 | 302,5 | 94,1 |
| Año 7 | 210,2 | 45,9 | 354,3 | 87,5 | 347,3 | 92,0 |
| Año 8 | 216,6 | 46,0 | 365,2 | 86,7 | 358,0 | 91,3 |
| Año 9 | 223,2 | 44,6 | 376,4 | 84,8 | 369,0 | 89,3 |
| Año 10 | 233,6 | 43,8 | 376,9 | 84,5 | 369,5 | 88,9 |
| Año 11 | 240,6 | 42,8 | 388,5 | 83,0 | 380,8 | 87,4 |
| Año 12 | 247,9 | 40,6 | 400,3 | 80,2 | 392,5 | 84,4 |
| Año 13 | 282,0 | 39,7 | 452,8 | 79,8 | 443,9 | 84,0 |
| Año 14 | 289,6 | 37,9 | 464,9 | 77,0 | 455,7 | 81,0 |
| Año 15 | 297,5 | 37,7 | 477,4 | 77,1 | 468,0 | 81,1 |

Tabla 54. Simulación de los costos de mantenimiento unitarios anuales para PUT y PUS de 3 tamaños.

| Proyección temporal | Parque 2 ha | | Parque 6 ha | | Parque 17 ha | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | Anual PUT (\$m ² ⁻¹) | Anual PUS (\$m ² ⁻¹) | Anual PUT (\$m ² ⁻¹) | Anual PUS (\$m ² ⁻¹) | Anual PUT (\$m ² ⁻¹) | Anual PUS (\$m ² ⁻¹) |
| Costo inicial inversión | 28603,3 | 31869,8 | 20714,7 | 26746,4 | 113066,7 | 136540,5 |
| Año 1 | 586,9 | 205,1 | 331,2 | 120,1 | 114,6 | 44,6 |
| Año 2 | 604,6 | 204,2 | 341,3 | 121,3 | 118,1 | 45,1 |
| Año 3 | 622,9 | 203,8 | 351,8 | 122,7 | 121,7 | 45,6 |
| Año 4 | 716,4 | 204,0 | 403,5 | 125,5 | 139,6 | 46,6 |
| Año 5 | 738,1 | 204,8 | 415,8 | 127,4 | 143,9 | 47,3 |
| Año 6 | 760,5 | 198,3 | 428,5 | 124,2 | 148,3 | 46,1 |
| Año 7 | 875,8 | 191,3 | 492,1 | 121,5 | 170,3 | 45,1 |
| Año 8 | 902,4 | 191,7 | 507,2 | 120,4 | 175,5 | 44,7 |
| Año 9 | 929,8 | 185,9 | 522,8 | 117,8 | 180,9 | 43,8 |
| Año 10 | 973,2 | 182,7 | 523,5 | 117,4 | 181,1 | 43,6 |
| Año 11 | 1002,7 | 178,2 | 539,5 | 115,3 | 186,7 | 42,8 |
| Año 12 | 1033,1 | 169,3 | 556,0 | 111,4 | 192,4 | 41,4 |
| Año 13 | 1175,2 | 165,4 | 628,9 | 110,9 | 217,6 | 41,2 |
| Año 14 | 1206,8 | 158,0 | 645,7 | 106,9 | 223,4 | 39,7 |
| Año 15 | 1239,6 | 156,9 | 663,0 | 107,1 | 229,4 | 39,8 |

Figura 39. Salidas gráficas del modelo simulando los costos de inversión y mantención anual total, y unitario (gráfico inferior), en un periodo de 15 años para los PUT y PUS de 3 tamaños diferentes

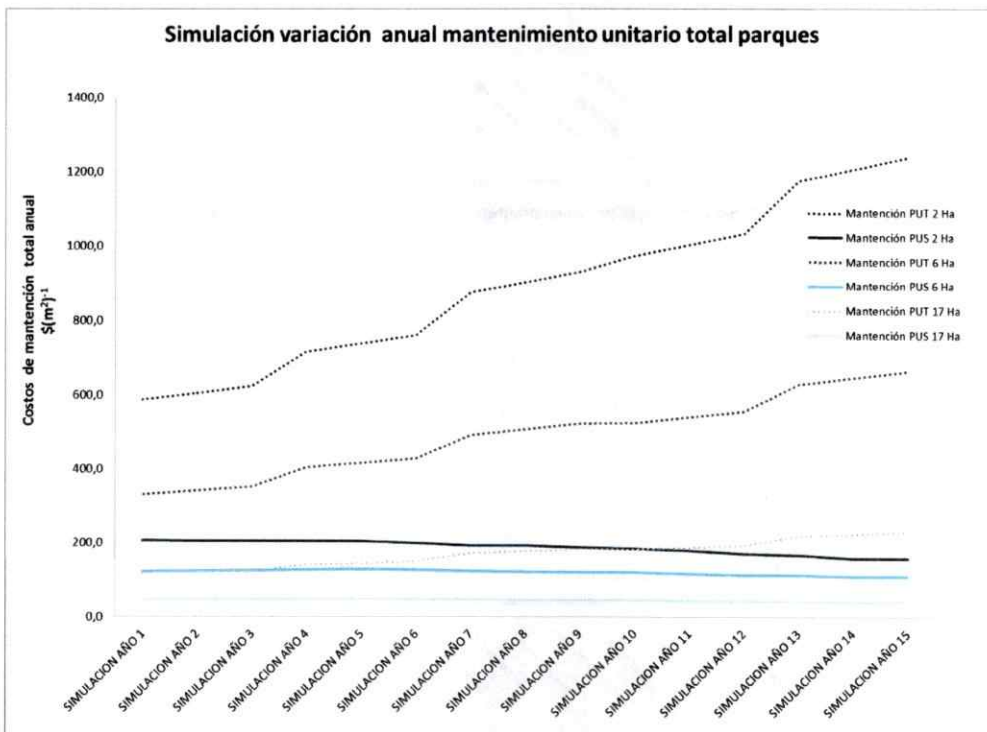
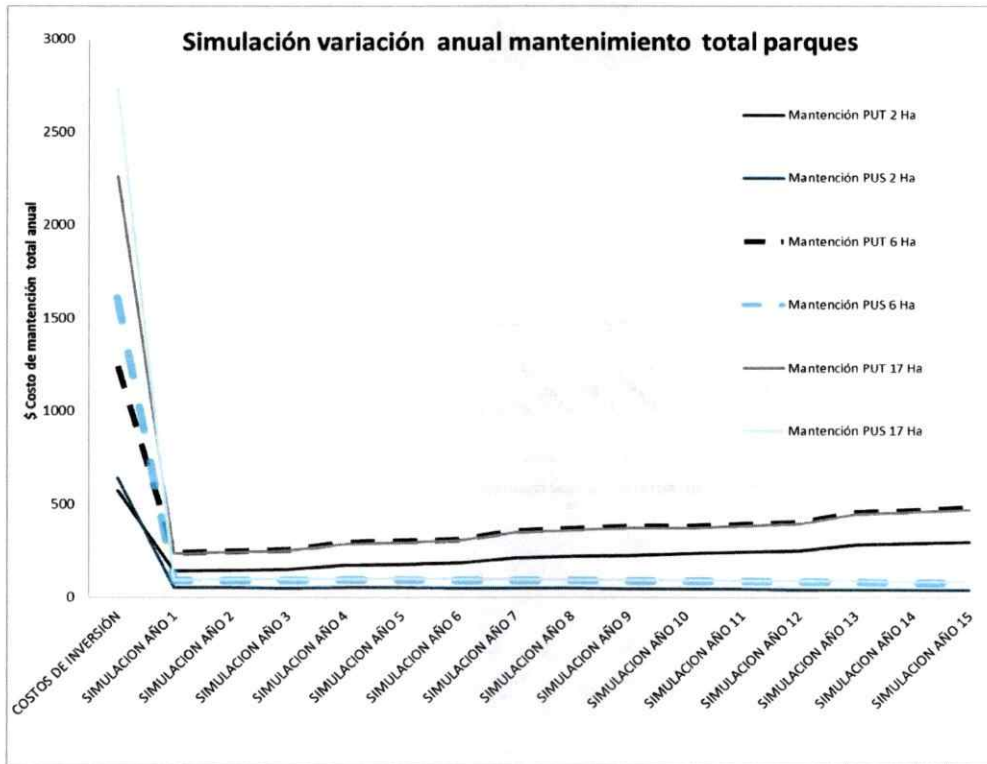
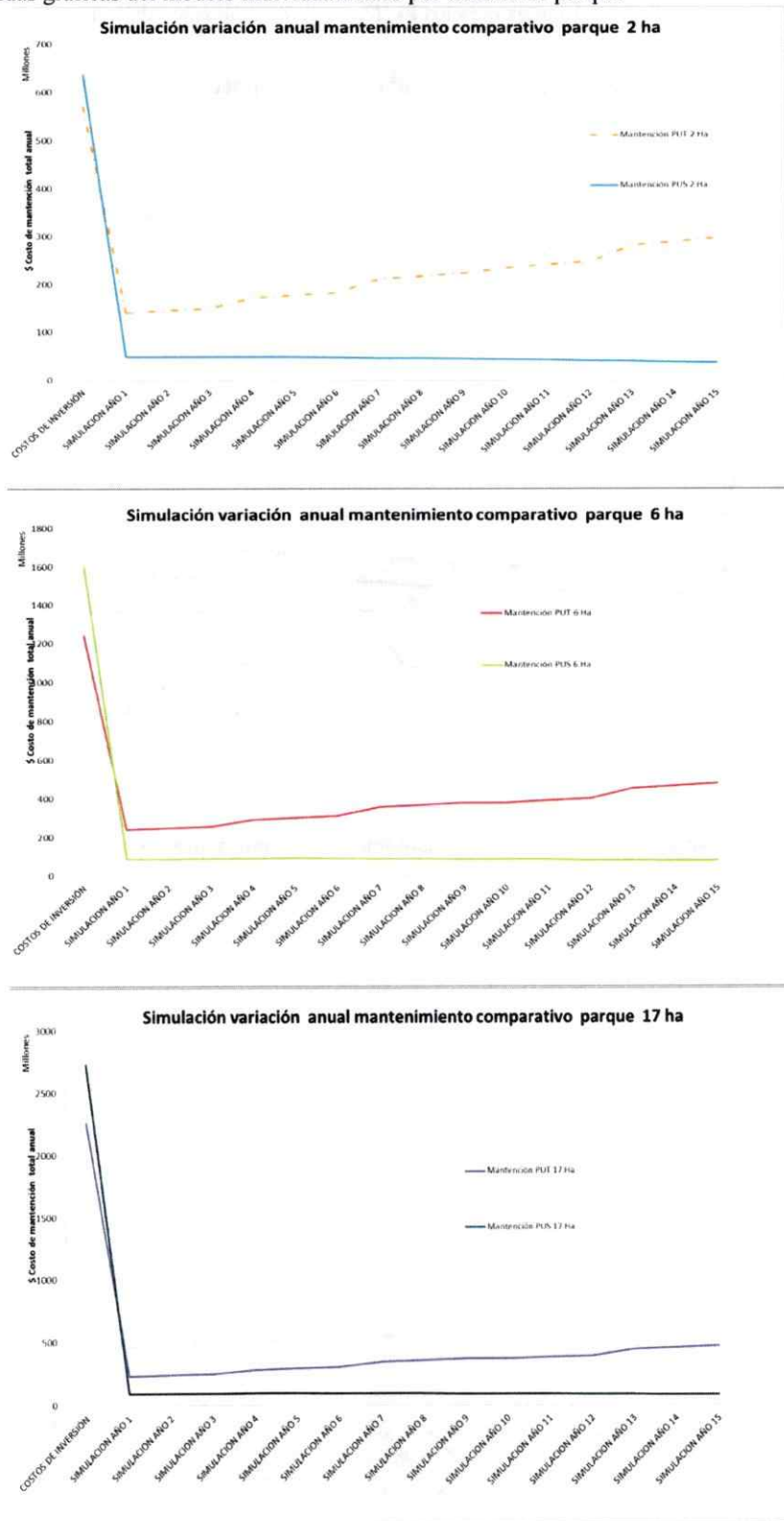


Figura 40. Salidas gráficas del modelo individualizadas por tamaño de parque



3.5.7 Validación y porcentaje de error del modelo

La validación del modelo se efectuó en base a la comparación de los valores simulados de los PUT con los valores reales obtenidos por parques del PPU de superficie similar. En la Tabla 55 se resumen estos valores. Para el caso del PUT simulado de 2 ha se comparó con el parque Lo Varas de 1,5 ha. El valor inicial comparado con el 2012 presentó un error de -12%, lo que significa que el valor simulado fue menor al real en un 12%. El promedio de incremento anual presentó un error -6,7 %, es decir un 6,7 % menor que el valor real. El PUT simulado de 6 ha se comparó con el parque La bandera de 9,2 ha. El valor inicial comparado con el 2012 presentó un error de 3%, lo que significa que el valor simulado fue mayor al real en un 3%. El promedio de incremento anual presentó un error de 5,9 %, es decir un 5,9% mayor que el valor real. El PUT simulado de 17 ha se comparó con el parque Mapocho poniente de 12,9 ha. El valor inicial comparado con el 2012 presentó un error de -26%, lo que significa que el valor simulado fue menor al real en un 26%. El promedio de incremento anual presentó un error -8,9 %, es decir un 8,9% menor que el valor real.

Tabla 55. Validación del modelo simulando un PUT de 3 diferentes superficies y comparándolos con los valores arrojados referencialmente por los parques más aproximados del PPU

| | Parque 2 ha | Parque 6 ha | Parque 17 ha |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Valor inicial- 2012 | | | |
| Parque PPU | Lo varas | La bandera | M. Poniente |
| Superficie ha | 1,5 | 9,2 | 12,9 |
| Valor simulación | 586,9 | 331,2 | 114,6 |
| Valor Referencial PPU | 702,0 | 322,6 | 155,4 |
| % de error | -16,0% | 3,0% | -26,0% |
| Incremento anual | | | |
| Valor simulación | 5,6% | 5,1% | 5,1% |
| Valor Referencial PPU | 6,0% | 4,8% | 5,6% |
| % de error | -6,7% | 5,9% | -8,9% |

3.5.8 Síntesis del ahorro de costos de mantención y aportes del modelo

La Tabla 56 sintetiza los ahorros generados por el modelo PUS aplicado a los tres parques de diferentes superficies. En primer lugar, se aprecia que los PUS tienen un porcentaje mayor de costo de inversión que los PUT, cercano al 20%. La diferencia entre el mantenimiento inicial (año 1) al mantenimiento final (año 15) corresponde a una duplicación del valor inicial en los PUT y una disminución del 75 % (0,15) del valor inicial

en los PUS. Anualmente en un PUS de 2 ha puede generar un ahorro de 169,1 millones de pesos; un PUS de 6 ha ahorra 267,9 millones de pesos anuales y un PUS de 17 ha genera un ahorro de 256,5 millones de pesos anuales. El porcentaje de promedio ahorro anual en un PUS es cercano al 75 %, en comparación a un PUT. El porcentaje de variación anual en los PUT se traduce en un incremento cercano al 5,3 %, en cambio los PUS presentan una disminución en los costos de mantención aproximada a 1,2 % anual. Finalmente, un PUS de 2 ha genera un ahorro acumulado (15 años) de 2471,0 millones de pesos; un PUS de 6 ha 3656,4 millones de pesos; y un PUS de 17 ha 3378,0 millones de pesos.

Tabla 56. Síntesis de los ahorros de los costos de mantención del modelo PUS aplicado a 3 superficies de parques urbanos

| Variable | Parque 2 ha | | Parque 6 ha | | Parque 17 ha | |
|---|-----------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | PUT | PUS | PUT | PUS | PUT | PUS |
| Diferencia costo de inversión PUT-PUS (M\$) | Se incrementa
65,3 | | Se incrementa
361,9 | | Se incrementa
469,5 | |
| Porcentaje diferencia de inversión PUT-PUS | Aumenta 10,2 % | | Aumenta 22,5 % | | Aumenta 17,1 % | |
| Diferencia mantención inicial - final | Aumenta
2,1 | Disminuye
0,24 | Aumenta
2,0 | Disminuye
0,11 | Aumenta
2,0 | Disminuye
0,11 |
| Promedio ahorro anual PUS (M\$) | 169,1 | | 267,9 | | 256,5 | |
| Porcentaje promedio ahorro anual PUS | 77,4 | | 74,5 | | 72,6 | |
| Promedio porcentaje de variación anual | 5,6 | -1,9 | 5,2 | -0,8 | 5,2 | -0,8 |
| Ahorro total acumulado PUS 15 años (M\$) | 2471,0 | | 3656,4 | | 3378,0 | |

Tabla 57. Porcentajes de ahorros estimados en un PUS para cada labor de mantenimiento según el aporte del diseño urbano sustentable y la ecología, además de la actualización del formato de las planillas de costos.

| Herramientas conceptuales | % ahorro | Herramientas conceptuales | % ahorro |
|------------------------------------|----------|--|----------|
| Actualización formato costos | 20-30 % | | |
| Diseño urbano sustentable | 40-50% | Aplicaciones de la ecología | 25-35 % |
| Seguridad | 12% | Mantención vegetal | 59% |
| Labores ocasionales y estacionales | 25% | Césped | 88% |
| Consumos básicos | 62% | Árboles y arbustos | 60% |
| Mantención general | 55% | Cubresuelos | 84% |
| Pavimentos duros y blandos | 20% | Praderas naturales y riego | 50% |
| Aseo general | 20% | Control de plagas y malezas | 80% |
| Mobiliario urbano | 80% | Compostaje y binazón del suelo | 80% |
| Juegos deportivos | 20% | Podas árboles y arbustos | 80% |
| Juegos infantiles | 75% | Laguna | -252% |
| Infraestructura y edificaciones | 50% | Labores estacionales y consumo básicos | 25% |
| Sistema riego -eléctrico | 50% | - | - |

La Tabla 57 es un resumen de los ahorros estimados para los costos de mantención de los parques urbanos generados por el modelo PUS. En primer caso se estima un ahorro fluctuante entre 20-30 % por actualización de las planillas al método de costo unitario. El diseño urbano sustentable aporta un ahorro estimado de 40-50% que afecta al mantenimiento general, seguridad, labores ocasionales, estacionales y consumos básicos; los principales ahorros se dan en mantención de mobiliario urbano (80%), juegos infantiles (75%) y consumos básicos (62%).

Las aplicaciones de la ecología contribuyen a una disminución de costos de mantenimiento estimados en 25-35 %, en donde los principales ahorros se dan en el mantenimiento del césped (88%), mantenimiento cubresuelos (84%), control de plagas y malezas (80%), compostaje y binazón del suelo (80%) y podas de árboles y arbustos (80%); también cabe referir que los costos de mantención de la laguna se incrementa en un 252 % , a diferencia de las laguna en PUT.

Tabla 58. Estimación de los costos unitarios máximos adjudicables al programa de conservación de parques urbanos del MINVU, con sus respectivas estimaciones de disminución de costos por efectos de la planificación y diseño sustentable. También se muestran las posibilidades de construcción y mantención de nuevos parques con los ahorros generados.

| Superficie (ha) | Costo máximo al 70 % | | Porcentaje disminución modelo PUS | | |
|------------------|-----------------------|-------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| | MINVU | Total | MINVU- 0,75 | MINVU -0,50 | MINVU -0,25 |
| 2 | 2.575 | 3.679 | 644 | 1.288 | 1.931 |
| 5 | 1.030 | 1.471 | 258 | 515 | 773 |
| 7 | 736 | 1.051 | 184 | 368 | 552 |
| 10 | 515 | 736 | 129 | 258 | 386 |
| 14 | 368 | 526 | 92 | 184 | 276 |
| 17 | 303 | 433 | 76 | 151 | 227 |
| 20 | 258 | 368 | 64 | 129 | 193 |
| 25 | 206 | 294 | 52 | 103 | 155 |
| 30 | 172 | 245 | 43 | 86 | 129 |
| Nº parques red | Costo total máximo MS | | Ahorro anual MS | | |
| 53 | 32.727,5 | | 24.545,6 | 16.363,8 | 8.181,9 |
| Construcción PUT | 33 | | 25 | 16 | 8 |
| Construcción PUS | 26 | | 20 | 13 | 7 |
| Mantención PUT | 53 | | 40 | 27 | 13 |
| Mantención PUS | 212 | | 159 | 53 | 18 |

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es un ejercicio que simula los costos unitarios, para distintas superficies de parques, desde las 2 ha hasta 30 ha, basándose en el tope máximo de 25.000 UF anuales destinado para la mantención (según el decreto que establece la creación de la red nacional de parques urbanos) a partir del 70 % del coste total de mantenimiento. Si consideramos que MINVU mantiene en el AMS el PPU, que corresponde a 19 parques, se sumaran 34 nuevos parques a nivel nacional, que alcanzarán un total de 53 parques. El valor de la UF, actualmente es cercano a los 25 mil pesos, por lo tanto los montos máximos adjudicables por parque son 617,5 millones de pesos anuales, lo que equivale a 51,5 millones de pesos mensuales. Se puede evidenciar, que en base a este valor, el mantenimiento de parques urbanos se ha duplicado, ya que el valor promedio unitario del PPU al año 2012 fue de $\$304(\text{m}^2)^{-1}$ con una superficie promedio de 8,8 ha, según lo propuesto por el decreto el valor máximo adjudicable alcanzaría los $\$585(\text{m}^2)^{-1}$, de parte del MINVU y podría ascender hasta un valor total de $\$836(\text{m}^2)^{-1}$, si se consideran que se mantendrá 53 parques, el monto total estimado podría alcanzar los 32.728 millones de pesos anuales de parte del MINVU, lo que supondría una fuerte inversión en mantenimiento. De la misma manera, se calcularon tres escenarios de disminución de costos uno en que los parques urbanos se transformen completamente en sustentables y se pueda disminuir hasta el 75%, otro escenario intermedio en donde se incorporen diseños de biotopo y planes de eficiencia energética, pero aún se conserven aspectos de los parques tradicionales, pudiendo alcanzar hasta un 50% de ahorro, y finalmente un escenario, que por renovación de los instrumentos de licitación hacia un método cuantitativo de costos unitarios se estima un ahorro del 25 %, sin afectar demasiado el actual diseño de los parques urbanos. Los ahorros son millonarios y permitirían construir hasta 26 nuevos parques urbanos sustentables y con ese monto cuadruplicar el mantenimiento de hasta 212 parques sustentables.

4 DISCUSIÓN

4.1 Alcances y limitaciones metodológicas

El diseño ex pos facto tiene como principal limitación la no manipulación en las variables independientes, por lo que no se pueden establecer hipótesis de causalidad con robustez, al no tener control sobre variables aleatorias o que generan explicaciones alternativas (Sampieri et al., 2004; Johnson, 2001; Creswell, 2013). Debido a la ausencia de control sobre la igualdad entre los grupos respecto de otras variables, no es posible establecer una correlación de causalidad robusta, pero sí es posible establecer correlaciones entre las variables (Sampieri et al., 2004; Johnson, 2001; Creswell, 2013). Del mismo modo, la validez interna es menor que en los diseños experimentales tradicionales. Sin embargo, la principal fortaleza y ventaja del diseño ex pos facto es que acrecienta validez externa, ya que las situaciones son más naturales y representativas, lo que favorece los conocimientos para gestión y ciencias aplicadas (Sampieri et al., 2004; Johnson, 2001; Creswell, 2013).

En el análisis estadístico se emplearon pruebas paramétricas (mayoritariamente), puesto que los datos: se ajustaron a distribuciones normales (test de Kolmogorov), corresponden a poblaciones (parques) diferentes, no están relacionados entre sí (aleatoriedad muestral) y el número de casos, si bien es bajo (15 parques), puede ser analizado con esta técnica. Las pruebas permitieron establecer análisis descriptivos, explicativos y predictivos más robustos que los no paramétricos (Sampieri et al., 2004; Creswell, 2013). El nivel de significación estadística se ajustó desde un α aceptado de 0,05 a 0,2 debido al alto grado de incertidumbre y de complejidad de las variables urbanas, siendo esto aceptable para los análisis estadísticos de costos (Johnston, 1960).

Los análisis estadísticos de costos tuvieron la complejidad inicial de estandarizar la información a un formato específico, ya que entre los años 2007-2011 se observaron modificaciones en la distribución de los itemizados de costos de las planillas de ofertas de licitación; si bien no fueron transformaciones categóricas, no obstante se debió examinar en

detalle la pertinencia de los ítems entre cada planilla, con la finalidad de poder contrastarlos, especialmente en las planillas inter-licitación de un periodo a otro.

Los datos de los costos de mantenimiento presentaron una varianza considerable. Dado el número de casos relativamente bajo es esperable que las medidas de tendencia central se vieran influenciadas por los valores extremos, sin embargo esta variabilidad inicial en los costos se debió principalmente, como se discutirá más adelante, a la carencia de una planificación rigurosa en la estimación de costos de mantenimiento de parte de las empresas oferentes, por lo que los valores fueron estipulados de manera arbitraria generando un gran varianza muestral que se tradujo en algunos coeficientes y test estadísticos poco significativos.

Los inventarios originales de los parques urbanos presentaron algunos errores en la asignación y ausencia de elementos, tanto vegetales como arquitectónicos y de infraestructura que efectivamente fueron catastrados, por lo que se debió recurrir a fuentes bibliográficas externas a las bases de licitación para complementar la información en los casos correspondientes.

El cálculo de las variables de caracterización vegetal, ecológica y arquitectónica se elaboró a partir de la información de los catastros, por ende el grado de actualización de la información (planos CAD e inventario), en relación al diseño original, se asumió como óptima al no disponer de recursos para contrastar en terreno aquellos elementos inventariados, factores que podrían generar errores en la estimación de las variables cuantitativas.

Las variables de caracterización socioeconómica fueron recopiladas en base a la bibliografía presentada en la Tabla 5 (metodología). En las variables de caracterización directas como: tasa delictual comunal, tasa de pobreza comunal, densidad poblacional comunal, promedio de años de escolaridad comunal, percepción de inseguridad comunal y en áreas verdes, sus resultados dependerán de la fuente y la metodología del estudio aplicado, no siendo necesariamente coincidente con otros homólogos, por lo que es posible que se presenten variaciones en los resultados, al escoger otro estudio. En otro aspecto, se asume que la escala comunal es homogénea a nivel de barrio en donde se insertan los

parques, por lo que los valores comunales deberán ser representativos de la realidad local de cada parque, supuesto que no necesariamente es válido, ya que las comunas del Gran Santiago se caracterizan por fenómenos de segregación socio-espacial urbana que introducen variabilidad inclusive en la escala comunal (Borsdorf, 2003; Hidalgo y Borsdorf, 2009; Salgado et al., 2009). Asimismo, los índices de prioridad social para asignar recursos (MINDS, 2014) y el índice de vulnerabilidad social-delictual (MININT, 2009), se vieron afectados por la misma razón anteriormente señalada, ya que sus valores dependen de las metodologías, las escalas de referencia empleadas y la fuente de estudios desde donde se obtuvieron los datos de los constructos multivariados.

Debido a las limitaciones de las variables de caracterización socioeconómica, sería óptimo para establecer correlaciones con un grado mayor de certidumbre, el disponer de datos actualizados, y medidos en terreno, que caractericen socioeconómicamente los usuarios de los parques del PPU, ya que los parques del PPU son visitados por una población flotante y no necesariamente residente en los anillos de influencia espacial del parque (PULSO, 2002).

El indicador del grado de paisajismo tradicional en parques urbanos presenta dos aspectos discutibles: En primer lugar, las variables de mantención arquitectónica (i.e. porcentajes y proporciones de mobiliario urbano, y superficies de pavimentos e infraestructura) deberían complementarse con variables cualitativas o cuantitativas asociadas a la adecuación de dichos elementos al contexto bioclimático del parque y su sustentabilidad. En segundo término, los valores referenciales empleados para la construcción de la escala del nivel de paisajismo tradicional del indicador necesitan de mayores investigaciones para correlacionar con mayor precisión los porcentajes de las variables con sus respectivos grados de paisajismo tradicional. Actualmente, esta información es muy limitada y presenta un carácter cualitativo principalmente.

La simulación de costos de mantenimiento mediante el método de costos unitarios (Ingels, 2009) requiere ser calibrada con datos empíricos medidos directamente de las jornadas diarias de mantenimiento de cada parque. Los datos empleados solamente se utilizaron como referencia, ya que la frecuencia, tiempo y calidad del trabajo de la mano de obra se deben referenciar a nivel local, en coherencia con el mercado de mantención de áreas

verdes. El consumo de insumos, herramientas y equipos también debe medirse en cuanto a las factibilidades y tecnologías presentes en el mercado.

La revisión bibliográfica para la obtención de herramientas conceptuales, principios de diseño, criterios y estándares interdisciplinarios de ecología de ecosistemas, ecología comunitaria, ecología del paisaje, ecología evolutiva y biogeografía aplicables al diseño de PUS, tuvo como principal desafío el desarrollo incipiente de investigaciones en parques y ecosistemas urbanos (Lovell y Johnston, 2008; Cadenasso y Pickett, 2008; Breuste et al., 2013), siendo principalmente estudios adaptados de ecología clásica y entornos naturales (Erdem, 2012). Igualmente, existen algunas obras de planificación y manejo ecológico de parques, jardines y áreas verdes que son una síntesis de técnicas ecológicas interdisciplinarias aplicadas a la arquitectura del paisaje sustentable (Cook y Vanderzanden, 2011; Hitchmough, y Dunnett, 2004; Beck, 2013; Moughtin y Shirley, 2005; Rottle, 2011; Lister, 2007).

Los reportes de organismos gubernamentales (principalmente de EEUU) contienen información cuantitativa de la gestión en manejo y gestión de parques y áreas verdes (DPRNYC, 2012; TAMPA, 2000; entre otros) que podría ser útil para su aplicación en otros países. No obstante, dicha información es ad-hoc al sistema de gestión de la ciudad y su generalización y aplicación al contexto urbano del AMS puede conllevar errores. Asimismo, se carece de un repertorio mayor de publicaciones que abarque aspectos cuantitativos del manejo de parques urbanos y sus costos de mantenimiento, ya que por lo general los documentos científicos se remiten a observaciones, recomendaciones y análisis cualitativos que incluyen el manejo áreas verdes urbanas (Mazzotti y Morgenstern, 1997; Falcón, 2007; Roe y Rowe, 2007; entre otros). Cabe destacar algunos estudios presentes en los libros de Forsyth y Musacchio (2005), CERTU (2001) y Hough (2004) que cuantifican los costos y variables de eficiencia de las labores de mantenimiento de diferentes tipologías de parques urbanos.

La recopilación de información bibliográfica para el estudio de caso de PUS correspondió fundamentalmente a enciclopedias de arquitectura del paisaje que contienen fichas descriptivas de parques urbanos internacionales, junto con planos y detalles de diseño con algunos aspectos cuantitativos (Baumeister, 2007; Krauel, 2008; Song, 2012; Tunkey,

2009; Minguet, 2010; Sanchez, 2008). El principal inconveniente fue que solamente algunas de las variables generales, de diseño y ecológicas pudieron cuantificarse, los costos de mantenimiento y otras variables de gestión se limitaron a escalas cualitativas, por lo que podrían mejorarse los análisis si se dispusiera de esta información para los PUS.

Una problemática similar a la anterior, presentó la construcción del índice de sustentabilidad de parques urbanos, ya que no se dispone de líneas de base de consumo energético, y tampoco se encontraron las especificaciones de los componentes del sistema eléctrico, por lo que resulta difícil estimar el consumo energético real. En consecuencia, el indicador se construyó sobre la base de la implementación de planes de eficiencia energética, asignando un valor mayor a aquellos parques que integran las mejores prácticas para disminuir el consumo energético e hídrico. La gestión de residuos también fue limitada por la ausencia de cuantificación en el manejo y generación de residuos valorizables, especialmente en los parques chilenos ya que DPRNYC (2012), presenta valores específicos del manejo de residuos de los parques de Nueva York, planteándose como un objetivo de sustentabilidad disminuir la cantidad de residuos no reciclables y aumentar las cantidades de residuos reciclables. Por lo tanto, el indicador debió construirse en base a la presencia de elementos de reciclaje, que al no estar integrados en un sistema de reciclaje que incluya elementos como el retiro, transporte y revalorización, entre otros, el reciclaje se restringe a cumplir una función simbólica en los parques del PPU.

La otra dificultad radicó en la calibración de las escalas de sustentabilidad, puesto que asignar un nivel de sustentabilidad a un determinado valor, o rango de una variable, dependerá en gran medida del contexto de la medición, de los objetivos formulados y los valores referenciales, por ende la literatura está basada en referencias de países como Suecia y Alemania que tienen un estándar elevado de sustentabilidad, por lo que se requiere efectuar una adecuación al contexto local, en donde aún se está en estadios preliminares y las investigaciones son incipientes.

Finalmente, el modelo econométrico lineal de estimación de costos de mantenimiento, presenta esencialmente dos aspectos mejorables. En primer término, las correlaciones lineales fueron parcialmente robustas entre las variables dependientes de los costos de mantenimiento y las variables independientes asociadas a superficies y/o unidades del

elemento a mantener. El motivo radica en que los coeficientes de determinación (R^2), ajustados a una recta lineal, no son lo suficientemente fuertes para la mayoría de los casos ($R^2 > 0,6$), siendo inclusive más fuertes para otro tipo de tendencias (exponenciales, cuadráticas y no lineales e.g.), en determinados casos. Se sostiene que esto se debió a la variabilidad inicial inducida por los criterios arbitrarios para estimar los costos de mantención, de parte de las empresas oferentes de las licitaciones, y al tamaño muestral limitado (15 casos), por lo que las tendencias se vieron influenciadas por los valores extremos. No obstante, como una primera aproximación resulta un método eficaz para determinar y asignar costos de mantención, con un porcentaje de error cercano al 15 %.

El segundo aspecto discutible de la metodología del modelo es la exactitud y certeza de los costos de mantención estimados por efectos de la aplicación de herramientas y principios interdisciplinarios de ecología, diseño sustentable y arquitectura del paisaje. Dado que las referencias no son exactas para adjudicar una cifra o rango en la disminución de costos, puesto que son escasas las investigaciones que cuantifiquen dichos efectos, cabe destacar los trabajos de Medina y Gumper (2004), Dziedzic (2012) y Musick (2013) que midieron los costos de mantenimiento de un jardín xérico, comparándolo con uno tradicional.

4.2 Sobre los resultados

En esta investigación se ha evidenciado que los parques urbanos desempeñan roles importantes para la sustentabilidad de las ciudades, principalmente por su extenso tamaño (en comparación a otras áreas verdes urbanas) y a su carácter multifuncional en cuanto a los usos y provisión de servicios ecosistémicos (Bolund y Hunhammar, 1999; Borgström, 2003; Chiesura, 2004; Falcón, 2007; Hough, 2004; James et al., 2009; Salvador, 2003; Niemelä et al., 2010). Por lo tanto, el déficit de áreas verdes y parques urbanos compromete la calidad de vida de la población urbana, debido a las limitaciones en la provisión y alcance de los servicios ecosistémicos que estos brindan, generando una problemática de sustentabilidad urbana (Dascal, 1993; Falcón, 2007; Hough, 2004; Moughtin y Shirley, 2005; Beatley, 2010; Newman y Jennings, 2008). Asimismo, los parques urbanos son esenciales si se considera, que debido a las condiciones modernas, en muchos casos estos espacios constituyen un vínculo exclusivo de los habitantes con la naturaleza (Miller, 2006; Dearborn y Kark 2010; Vélez, 2007).

En este contexto de investigación, se apreció que en el AMS la distribución y accesibilidad a los parques urbanos y a las áreas verdes se ve correlacionada fuertemente con las condiciones socioeconómicas comunales, existiendo una dotación adecuada en aquellas comunas del sector oriente de la capital y un déficit notable en las comunas periféricas y de menores ingresos, constituyendo un gradiente de segregación socioespacial en la dotación, calidad y accesibilidad a parques urbanos y áreas verdes en general (Hernández, 2008; Escobedo et al., 2006; Romero y Vásquez, 2012; MMA, 2012; Reyes y Figueroa, 2010; Dascal, 1993; Fuentes, 2010; Soto, 2012; Ibarra, 1997). Esto se traduce en que los habitantes de las comunas adineradas gozan de una mayor calidad de vida que los habitantes de las comunas con menores ingresos financieros (Romero y Vásquez, 2012; Dascal, 1993). Los gobiernos locales argumentan que el déficit de parques urbanos, y áreas verdes en general, se debe principalmente a lo que consideran como elevados costos de mantenimiento mensual, que en la actualidad deben ser costeados por los municipios, por lo que este aspecto queda relegado a un segundo plano, en comparación a la gestión de otras problemáticas como salud, educación, seguridad y viviendas, entre otros (Dascal, 1993; León, 2001; Fuentes, 2010; MMA, 2012; MINVU, 2012; Román, 2011; ATISBA, 2011).

Un objetivo logrado y relevante de este trabajo fue aportar a la comprensión de las causas de la variabilidad de los costos de mantención de los parques urbanos en el AMS, para lo cual se empleó como referencia y casos de estudio los parques urbanos del PPU, debido a su importante representatividad espacial en comunas de ingresos medios y bajos del AMS (25 % de los parques de Santiago corresponden al PPU) y a las detalladas estructuras de costos presentes en los procesos de licitación.

4.2.1 Sobre el análisis de los costos de mantenimiento

4.2.1.1 Sobre el análisis conceptual

El análisis conceptual de las labores de mantenimiento permitió comprender de que manera interactúan los componentes físicos (suelo), ecológicos (vegetación) y social (elementos arquitectónicos) del parque con su entorno urbano. Los parques urbanos tradicionales no integran en su diseño las condiciones biogeoclimáticas y socioculturales del entorno urbano, constituyéndose en sí mismos como sistemas cerrados que no se retroalimentan de

las características del medio ambiente urbano, de esta manera las variables ambientales como pluviometría, higrometría, temperatura, radiación solar y estructura fisicoquímica del suelo, entre otros, no se reconocen como condiciones determinantes del diseño, sino que se distinguen como factores de stress al parque, cuyo funcionamiento se da como si fuera un sistema aislado de su entorno, perdiendo la oportunidad de integrar elementos ecológicos como la flora urbana espontánea (Pop (Boancă) et al., 2011; Tredici, 2010; Kowarik y Körner, 2005; Kowarik y Langer, 2005; Kühn, 2006) y sociales como la incorporación de la comunidad mediante iniciativas de participación ciudadana, educación ambiental y gobernanza ambiental local en la gestión del parque (Colding et al., 2006; Flores, 2012; Flores y Guillén, 2014; Davies, 2005; Roe y Rowe, 2007).

El diseño no sustentable de los parques urbanos tradicionales del PPU en el AMS, en lo que se refiere a la planificación y diseño coherente con las condiciones biogeoclimáticas y sociales del contexto urbano, es responsable de los elevados requerimientos de mantención y labores asociadas. En donde se debe perturbar sistemáticamente el sistema vegetal para limitar las dinámicas sucesionales, basándose en un modelo de paisajismo denominado inglés, frecuentemente deseado, que prefiere el uso de flora exótica ornamental (césped, macizos florales de especies anuales, cubresuelos, arbustos y árboles), por sobre la funcionalidad ecológica del sistema vegetal (Dunnet y Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Da y Song, 2008; Monsalve, 2010; Trepl, 1995; Ignatieva et al., 2000).

La Tabla 74 (anexo) presenta en detalle las estrategias de mantenimiento que puede ejecutar un parque en función de su adecuación al contexto urbano, en donde aquellos parques que integran inicialmente en su planificación y diseño, las variables y características del medio ambiente urbano, se pueden calificar de sustentables (DPRNYC, 2012; Vélez, 2009; Crazz y Boland, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005; Moughtin y Shirley, 2005; Rahnama, 2012; Ackley, 2014; Power, 2006; Gallagher, 2012; Rottle, 2011), ya que sus estrategias de mantención minimizan la incorporación de nutrientes, energía, agua y trabajo de mantención, manteniendo un metabolismo circular (ver Figura 23 en la sección 5.2.1.1 en los resultados) en donde el sistema recicla sus residuos, genera su propia energía y produce los nutrientes necesarios para la mantención del sistema ecológico (Meijer et al., 2001; Beck, 2013). Estos efectos ecosistémicos se

traducen en una importante disminución de los costos de mantenimiento en comparación al diseño de un parque urbano tradicional (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Miyawaki, 1998; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005).

Los parques urbanos del PPU se ajustan a un diseño tradicional, basado en el paisajismo inglés, que tiende a una homogenización biótica y pérdida del potencial de la flora nativa local (Dunnet y Hitchmough, 2004; Beck, 2013; Hough, 2004; Ignatieva et al., 2010). Esto se apreció en la caracterización del componente vegetal (sección 5.1.2 en los resultados) que evidenció que los parques del PPU presentaron un 69 % de árboles exóticos, en contraste al 31 % de árboles nativos, resultados similares a los obtenidos por Correa y de la Barrera, (2014). También los parques urbanos descritos como tradicionales (PUT) presentaron un porcentaje de flora exótica ligeramente superior al 70%, en comparación al 60 % de flora exótica presente en los parques urbanos descritos como naturales (PUN), del PPU. Asimismo, los porcentajes de superficies de césped resultaron elevados en los PUT (45,1%), a diferencia de los PUN (8,1 %). Los cubresuelos son mayoritariamente exóticos y su representación en superficies no superó el 2 %. El valor de las variables de diseño sugiere fuertemente que los parques del PPU, especialmente los PUT, se ajustan a un modelo de tradicional de paisajismo inglés, a diferencia de un parque sustentable (Dell, 2009; Hough, 2004; Ibarra, 1997; Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007; Cook y Vanderzanden, 2011).

La especie dominante del PPU es el árbol exótico plátano oriental (*Platanus orientalis*) que alcanza una representatividad del 14 % (Correa y de la Barrera, 2014), luego sigue la especie nativa quillay (*Quillaja saponaria*) muy cercana al 14% (13,8%); le siguen las especies nativas espino (*Acacia caven*) con un 4,2 % y maitén (*Maytenus boaria*) con un 3,5 % de distribución. La baja presencia de flora nativa en los parques del PPU, es un fenómeno homólogo a la baja presencia de flora nativa en el AMS, ya que investigaciones recientes de Carvallo et al., (2014) y Figueroa et al., (2014) demostraron que la flora nativa no supera el 20 % de la flora urbana total del AMS, siendo las especies leñosas más representativas que las herbáceas, esto se debe a que principalmente las especies leñosas nativas fueron cultivadas con fines de valor ornamental (quillay) y que son, prácticamente nulos, los procesos de regeneración espontánea de flora nativa en condiciones urbanas en

el AMS. La amplia distribución de la flora exótica resulta independiente del gradiente de segregación socioespacial, y los autores Figueroa et al., (2014) proponen que se debe principalmente a los fenómenos de urbanización basados en un modelo de paisajismo tipo inglés imperante desde tiempos coloniales en el AMS, que se transformó en un modelo aspiracional de paisaje promovido por el marketing del mercado inmobiliario (Dinep y Schwab, 2010; Cook y Vanderzanden, 2011).

En comparación a las ciudades europeas, en estas la presencia de flora nativa, en espacios urbanos y parques sucesionales, cada vez cobra mayor relevancia, siendo en promedio superior al 50 % de las especies totales en muchas ciudades del este europeo. Esto se debe, principalmente, a que se reconocen y se integran en la planificación urbana los servicios ecosistémicos que brinda la flora nativa y la biodiversidad nativa en general (Müller y Werner, 2010; Müller, 2010; Werner y Zahner, 2010; Kühn, 2006; de NEEF et al., 2008; Kowarik, 2008).

En esta investigación se encontró que la mayoría de la flora nativa de los parques del PPU, tienen requerimientos hídricos medio-bajos; de mantención bajos (binazón del suelo, control de plagas, fertilizaciones e.g.); requerimientos de plantación medios; casi ningún tipo de requerimiento de podas; velocidad de crecimiento media-alta; y follaje siempreverde. Además, la mayoría de las especies nativas, incluidas en los parques, se encuentran en una categoría de conservación biológica no listada, sin embargo hay especies que son vulnerables en la zona central cuya distribución es inferior al 1 % (*Beilschmiedia miersii*, *Prosopis chilensis*, *Jubaea chilensis*, *Araucaria araucana* y *Nothofagus macrocarpa*).

En relación a lo anterior, los parques urbanos del PPU pierden una valiosa oportunidad para incorporar flora nativa local en estado de conservación vulnerable, como las citadas anteriormente. Entre las razones esgrimidas para no privilegiar el uso de flora nativa local, cabe señalar que se mantiene la creencia injustificada de que los requerimientos de adecuación y mantenimiento son elevados en entornos urbanos; que las tasas de crecimientos son muy lentas; que la flora nativa no es demasiado estética y brinda poca sombra; que las especies nativas son más costosas que las exóticas y tienen una baja disponibilidad comercial en viveros (Musalem et al., 2012). Los resultados indican que

estas creencias, son por lo menos discutibles, ya que se compararon las especies nativas endémicas de la zona central en estado de conservación vulnerables (*Beilschmiedia miersii*, *Prosopis chilensis*, *Jubaea chilensis* y *Nothofagus macrocarpa*) con especies exóticas de requerimientos hídricos, de mantención, de plantación, de poda y velocidad de crecimiento similares, con una representatividad mayor en los parques del PPU (Liquidámbar, ceibo, aramo australiano, palmera canaria y palmera Phoenix) y se obtuvieron resultados muy similares, en cuanto a los requerimientos hídricos, de mantención, de poda, tasas de crecimiento; inclusive las especies endémicas aventajaron a las exóticas en cuanto a menores requerimientos de mantención, hídricos y de podas que las especies exóticas. Del mismo modo, los precios comerciales son un tanto más económicos en las especies endémicas que las exóticas y, al menos, existe disponibilidad de estas especies en dos viveros especializados como *Pumahuida* y *Crea Plantas*, cuya altura de ejemplares iniciales se considera aceptable para el diseño de parques urbanos.

Por lo tanto, la carencia de incorporación de flora nativa, empleada en diseños ecológicos (biotopos) a diferencia de diseños ornamentales tradicionales en parques urbanos, obedece principalmente a conocimientos y políticas de gestión de áreas verdes desactualizados y principios limitados en términos de sustentabilidad, de parte de los actores gubernamentales encargados de la planificación de parques urbanos (Fuentes, 2010). A pesar de lo anterior, el MMA (2012) reconoce la importancia de la presencia de flora nativa en ambientes urbanos, especialmente en el AMS dada su condición de hot spot de biodiversidad (Arroyo et al., 2008), destinando recursos económicos (Fondos de Protección Ambiental-FPA) para iniciativas de generación de conocimiento y difusión (MMA, 2012), sin embargo, su poder e influencia en la toma de decisiones sobre la planificación de parques urbanos, resulta casi inexistente. De la misma manera, CONAF ha implementado programas de arborización extensivos urbanos (programa “un chileno, un árbol”) que promueven el uso de flora nativa, especialmente en el AMS (Musalém et al., 2012; Reyes, 2012).

En otro aspecto, los planificadores urbanos deben tener claridad sobre los objetivos de forestación con flora nativa, ya que se ha demostrado que no necesariamente es sustentable el uso exclusivo de flora nativa en condiciones urbanas, ya que puede incidir en mayores costos de mantenimiento que la flora exótica adaptada a las condiciones urbanas y puede

generar efectos no deseados en la comunidad, tales como ser tóxicos para la salud humana, invasión de insectos asociados, entre otros (Beck, 2013; Dunnet y Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Thompson y Sorvig, 2007).

En contraste, existen proyectos de restauración de praderas naturales urbanas, como por ejemplo en Wisconsin (EEUU), empleando exclusivamente flora nativa para aumentar la biodiversidad de avifauna y microinvertebrados (insectos) asociados (Wilcox et al., 2007; Hitchmough y Woudstra, 1999; Gustavsson, 2005; Dunnett, 2011); de forestación de bosquetes urbanos sucesionales en Shanghái (China) para disminuir los costos de mantenimiento (Forsyth y Musacchio, 2005; Da y Song, 2008); de uso de flora nativa xérica para disminuir el consumo hídrico en ciudades áridas de Arizona, como en Tucson (EEUU) (Kjelgren et al., 2000; Dinep y Schwab, 2010; DiBari, 2007; Karlik, J. F., y Winer, 2001; Devitt y Morris, 2008); de restauración ecológica de humedales urbanos contaminados, para potenciar la colonización de ensambles comunitarios de flora nativa que controlen la flora exótica invasiva (Main et al., 2006; Hall y Zedler, 2010; Ehrenfeld, 2008). También se han diseñado parques basados en el uso de flora nativa, ya sea mediante biotopos que generan bosquetes sucesionales, humedales, praderas o jardines urbanos para fomentar la valorización del paisaje local, generar conciencia ambiental y educación para la sustentabilidad (Cranz y Boland, 2004; Houhg, 2004; Monroe et al., 2005; Lister, 2007; Beatley, 2010; Wei-bang, 2003; Simmons, 1998; Power, 2006).

En Chile, destacan algunos proyectos urbanos que incorporan en mayor proporción el uso de flora nativa como el jardín botánico “El Chagual”, emplazado en el sector oriente del cerro San Cristobal (PMS), que lleva más de una década exhibiendo especies nativas con fines educativos y posee un gran banco de germoplasma de flora nativa y una revista de divulgación científica electrónica (Arroyo et al., 2003; Echenique et al., 2002). El parque “Ecotemático canal el Carmen” presenta una superficie de 3 ha y se puede considerar un parque sucesional de biotopos de flora nativa de bosque esclerófilo de mínimo mantenimiento, emplazado en la ladera poniente del Cerro San Cristóbal. Este proyecto fue dirigido por la Facultad de Ingeniería en Recursos Forestales de la Universidad Mayor de Santiago (Grupo Oterra) y patrocinado por la Fundación de Canalistas del Maipo, en conjunto con el PMS. El proyecto tiene como principal finalidad la educación ambiental en

relación a la difusión del empleo de flora nativa local y analizar la factibilidad y adecuación de implementar especies nativas del bosque esclerófilo en zonas urbanas del AMS (Schulze, 2012). Asimismo, un proyecto inédito en materia de difusión de la flora nativa del bosque esclerófilo del AMS, es el parque explorador Quilapilun, diseñado por un equipo de arquitectos paisajistas (liderado por Mónica Palma) de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por la empresa minera Angloamericana, como medida de mitigación de sus proyectos mineros en la comuna de Colina. Este parque consta de 4 ha dedicadas exclusivamente a desarrollar paseos temáticos con módulos de educación ambiental autoguiada, sobre materias de ecología general, desarrollo sustentable y conocimiento de la biodiversidad local (Echenique, 2013). Igualmente, otro proyecto que cabe destacar son las rehabilitaciones ecológicas de sitios eriazos urbanos en la región de Coquimbo, empleando flora nativa regional (Musalem y Sepúlveda, 2013). En relación a estos proyectos citados, se puede criticar que su principal limitación es que debido a las zonas de emplazamiento, principalmente periurbanas, especialmente del parque explorador Quilapilun, su accesibilidad se ve limitada a ciertos grupos de interés, ya que no existe una mayor difusión de estas iniciativas a la comunidad en general, a excepción del jardín botánico “el Chagual”, que está mejor posicionado por su vinculación directa con algunos colegios y facultades dedicadas a la investigación en botánica y ecología.

Finalmente, en relación a la sustentabilidad y el uso de flora nativa en los parques urbanos, se puede señalar que no basta con incorporar especies nativas con fines exclusivamente ornamentales, o con fines de *marketing verde*, ya que no necesariamente serán sustentables su cultivo, propagación y mantención. Por lo que se requerirá de una planificación urbana sustentable que considere las funciones ecológicas y la provisión de SSEs múltiples de la flora nativa local en el AMS (Dunnet y Hitchmough, 2004; Thompson y Sorvig, 2007; Cook y Vanderzanden, 2011;). Además, considerando la fragilidad y amenaza por efectos de la urbanización del paisaje y ecosistemas mediterráneos en el AMS, la incorporación de flora nativa con planificación ecológica (biotopos), puede servir para difundir entre los habitantes el reconocimiento de las especies más conspicuas del bosque esclerófilo, a modo de revalorizar nuestro patrimonio vegetal y contribuir a la conservación ex situ y urbana de especies vulnerables como *Beilschmiedia miersii* (belloto del norte), *Nothofagus*

macrocarpa (roble de Santiago) y *Jubaea chilensis* (palma chilena), cuyas poblaciones naturales son vulnerables a la extinción y se encuentran de manera relictual y fragmentada en parches aislados (Moreira y Cereceda, 2013; Musalem et al., 2012; Riedemann y Aldunate, 2003; Arroyo et al., 2003; Álvarez, 2008; Luebert y Pliscoff, 2006; De la Fuente de Val et al., 2004; Hoffman y Fuentes, 1988).

La hipótesis planteaba que los parques urbanos en su diseño paisajista inglés tradicional privilegiaban la flora exótica poco adaptada a las condiciones edafoclimáticas del AMS, por lo que la vegetación debería incurrir en intensas labores de mantenimiento y requerimientos de insumos adicionales para su sobrevivencia, sin embargo se encontró que la adecuación biológica de las especies arbóreas del PPU correspondió a un 66 % de adecuación biológica alta, 21 % adecuación media y 13 % adecuación biológica baja. En términos generales, la mayoría de los parques del PPU presentan una adecuación biológica alta-media, por lo que es posible rechazar, al menos parcialmente, la hipótesis de que la flora arbórea del PPU no se encuentra biológicamente adaptada a las condiciones edafoclimáticas del AMS.

La flora perennifolia alcanzó un promedio de 43 % en los parques del PPU, siendo mayor en los PUN (51 %) que en los PUT (40 %), esto se debió a que la flora nativa adquiere una mayor presencia en los PUN, que en los PUT. Es importante señalar que se debe incorporar mayor representación de flora perennifolia en los parques del AMS, puesto que maximizando la superficie foliar arbórea se obtiene disponibilidad todo el año para mitigar el efecto de los gases contaminantes atmosféricos, especialmente en invierno que hay episodios de contaminación críticos (Peralta, 2009; Romero et al., 2010; Escobedo et al., 2006; Hernández, 2007).

Los requerimientos hídricos también presentaron valores adecuados, donde el 46 % de la flora presentó valores bajos de requerimientos hídricos, 27 % requerimientos medios y 27 % requerimientos elevados.

En síntesis, dado que existe una variabilidad con tendencia a valores elevados en los costos de mantenimiento de los parques del PPU y es posible señalar que la flora arbórea, en general, tiene una adecuación biológica alta- media y requerimientos hídricos bajos-medios,

se presentan las siguientes alternativas para explicar los elevados costos de mantención: (1) el mantenimiento efectuado en los parques del PPU no considera los reales requerimientos de mantención de la flora, excediendo la provisión de cuidados e insumos; (2) No existe un conocimiento acabado por parte de los planificadores y diseñadores de los verdaderos requerimientos de mantenimiento de las especies vegetales, dejándolos a la especulación y criterio de las empresas de mantenimiento que concursan en las licitaciones; (3) los variables y elevados costos de mantención de los parques urbanos se explican parcialmente por el mantenimiento vegetal del césped y árboles e.g., pero además existen otras factores no ecológicos que explican los elevados costos; (4) no existe la suficiente evidencia empírica para determinar con certeza si la flora arbórea del PPU se encuentra realmente adaptada a las condiciones urbanas y si sus requerimientos hídricos son efectivamente bajos-medios, a pesar de algunas referencias señaladas por Hoffman, (1999); Pulso, (2002); Musalem et al. (2012) y Correa y de la Barrera, (2014).

Los componentes arquitectónicos de los parques también desempeñan un rol clave, ya que permiten la interacción entre los usuarios y el sistema vegetal, aumentando o disminuyendo los costos de mantención en la medida de que el mobiliario urbano y los elementos arquitectónicos sean sustentables al uso y daño intencionado por efectos del vandalismo (Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007; Yücel, 2013). Asimismo, la infraestructura son los componentes que permiten el funcionamiento de los distintos sistemas del parque (eléctrico, riego, manejo de aguas lluvias, residuos, etc.) y deberán facilitar la labor de los encargados del mantenimiento (MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Falcón, 2007; Zimmerman et al., 2011).

Sobre los componentes arquitectónicos de los parques del PPU se descubrió que la cantidad de mobiliario urbano presenta una alta variabilidad, pero la densidad promedio es cuatro veces mayor en los PUT en contraste con los PUN. El mobiliario corresponde principalmente, a escaños, basureros, juegos infantiles y luminarias, entre otros. En los parques construidos a partir del 2008 (Bicentenario de la Infancia; Cerros de Chena y Peñalolén) se ha optado por el uso de mobiliario en base a secciones de concreto, de pocas piezas, en comparación a las bancas tradicionales ensambladas con listones de madera, permitiendo una mayor resistencia y una reposición más fácil en caso de daños (Dunnett y

Clayden, 2007; Wathne, 2010; Gouvea y Mont'Alvão, 2013; MINVU, 2009). Las superficies de infraestructura y edificaciones son similares tanto en PUT como en PUN, pero es importante señalar que se ha efectuado una incorporación de prácticas de consumo energético responsable en la gestión de los parques diseñados a partir del 2008 (Bicentenario de la Infancia; Cerros de Chena y Peñalolén) y también de manera progresiva en el resto de los parques; llámense sensores de ahorro de agua en la grifería de baños e instalaciones, luminarias LED en reemplazo de las luminarias tradicionales, edificios bioclimáticos (Parque Cerros de Chena y Bicentenario de la infancia) que disminuyen el consumo energético en calefacción e iluminación, entre otros (Harrison y Swain, 2003; Parraguez, 2013; Williams, 2007; EMELTA, 1999; SIARQ, 2009). En cuanto a las superficies de pavimentos blandos los PUT tienen casi 3 veces más superficies blandas que los PUN y la variabilidad del PPU es grande, ya que abarca un rango mínimo desde 1938 m² (Mahuidahue y Mapocho Poniente) hasta un máximo de 51309 m² (La Bandera). Las superficies promedio de pavimentos duros corresponden aproximadamente a 1700 m² tanto como para los PUT y PUN. Los pavimentos y circulaciones son un elemento relevante en el diseño de un parque, porque definen los recorridos del programa arquitectónico de usos, por lo que deberán preferirse pavimentos de fácil mantenimiento y resistentes al uso, además de no generar impactos ambientales (permeabilidad) (MINVU, 2009; Villalobos, 2010).

4.2.1.2 Sobre los análisis descriptivos y estadísticos

El análisis descriptivo de los costos de mantenimiento permitió establecer que existen diferencias entre los costos de mantenimiento mensual unitarios de los parques urbanos tradicionales (PUT) y los parques urbanos naturales (PUN), siendo 3,3 veces más costosos los PUT. Sin embargo el costo de mantención total mensual es similar, pero los PUN tienen una superficie promedio 3,0 veces mayor que los PUT. El porcentaje promedio de las áreas de mantención intensiva en los PUT es 2,4 veces mayor que los PUN. En cuanto a la mano de obra es posible señalar que los PUT tienen en promedio un total de 20 trabajadores y los PUN 26 trabajadores. La variabilidad en los costos de mantención es alta y se discutirá si esta variabilidad se debe a efectos de economía de escalas o si se correlaciona con aspectos de la tipología y diseño del parque.

El análisis de conglomerados k-medias permitió establecer la existencia de categorías en cuanto a algunas variables de diseño general, arquitectónico vegetal y costos de mantenimiento en los parques del PPU. Para complementar el análisis de conglomerados, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA), en donde el primer componente extraído permitió visualizar que los PUT agrupan variables con los mayores valores presentes del tipo: porcentaje de flora exótica, porcentaje de árboles exóticos, porcentaje de superficie de césped, índice de equidad arbórea, porcentaje superficie de pavimentos y costos de mantenimiento unitario mensual. En contraste, la segunda componente agrupó las variables de mayor relevancia para los PUN: porcentaje de flora perennifolia, índice de riqueza de especies arbóreas, superficie total, cobertura vegetal y porcentaje de árboles y arbustos nativos. Este análisis permitió inferir, que asociadas a las tipologías de PUT y PUN, se encuentran asociadas variables de diseño general, arquitectónico, vegetal, ecológicas y de costos de mantención que presentan mayor y menores incidencias, en su caracterización.

La estructura de costos se correspondió con lo informado por MINVU (2012) no evidenciando diferencias históricas con respecto al año 2000, en cuanto a lo presentado en el informe de la consultora PULSO (2002). Los costos promedios en personal alcanzan un 40 %, en equipos un 26 %, en insumos un 22% y los consumos básicos y utilidades alcanzan un 12 %. Estos valores se correlacionan con los porcentajes encontrados en el estudio de CEDEUS (2014), que evidenció que la estructura de costos de mantención de áreas verdes a nivel nacional (municipales), se desglosa en: personal 62 % (incluyendo utilidades de las empresas), vehículos y maquinarias 5 %, insumos 19% y agua de riego 13 %. De la misma forma, Zamorano (2010) presenta una estructura para el costo de mantenimiento de las áreas verdes municipales del AMS que se desglosa en: personal 60 %, otros (administrativos) 5 %, insumos 15 %, agua 5 % y utilidades 15 %. Estas estructuras no consideran el gasto de seguridad, que tampoco se incluyó en la estructura del PPU para que fueran comparables, se puede observar que tanto en CEDEUS (2014) como en Zamorano (2010), el manejo de personal alcanzó un valor elevado, es decir que más de la mitad de los costos de mantenimiento de áreas verdes se deben a los costos de personal, a diferencia de CEDEUS (2014) que incluyó las utilidades dentro de los costos de personal, Zamorano (2010) las desglosó. En cuanto al PPU también el personal representa un costo

elevado del 40 %, pero los gastos en insumos y equipos alcanzan un 48 %, lo que da cuenta de una fuerte automatización en el uso de maquinarias para el mantenimiento de los parques y un fuerte gasto en insumos de las maquinarias y de los requerimientos vegetales (fertilización, mulching, etc.). Los consumos básicos y utilidades son cercanos al 12 %, en donde las utilidades promedio representan un 8% del valor total de la licitación, a diferencia de lo presentado en Zamorano (2010) que establece que las utilidades son de un 15%, es decir casi el doble. Los bajos porcentajes de utilidades declarados en las licitaciones del PPU, son un antecedente que hacen suponer que muchos de los costos de mantenimiento presentados por las empresas oferentes están sobrestimados, al carecer de una valoración y estimación rigurosa por el método de costos unitarios (Ingels, 2009).

Los costos de mantenimiento no son estáticos, por el contrario evolucionan de manera dinámica en el tiempo (Dahl y Molnar, 2003; Forsyth y Musacchio, 2005), para el caso de los parques urbanos del PPU los costos de mantenimiento se incrementaron exponencialmente alcanzando un aumento del 65 % entre la década 2002-2012, en donde los PUT presentaron un incremento sostenido en el tiempo ligeramente mayor que los PUN. El promedio de incremento anual fue cercano al 7 % para los PUT y 6 % para los PUN. Esto demuestra que los incrementos anuales son superiores a lo establecido en las bases de licitación por MINVU (2012), en donde el incremento anual no debería superar el IPC anual, que promedia un valor cercano al 3,5 %. Asimismo, existe una gran heterogeneidad entre los costos de mantenimiento unitarios promedios por labor específica y el promedio de los porcentajes de incremento de una licitación a otra, tanto para parques urbanos tradicionales como naturales, por citar un ejemplo la mantención vegetal presentó un incremento del 27 % en PUT y un 37 % en los PUN entre las licitaciones del año 2009-2012.

En contraste con lo anterior, los PUS deberían presentar una dinámica negativa en los costos de mantenimiento, es decir que a medida que transcurren los años estos costos deberían disminuirse por efectos del manejo ecosistémico de los biotopos (para mayor detalle revisar la sección 5.2.2 de los resultados, tipologías de diseño de parques urbanos y costos de mantenimiento asociados) (Hough, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005; Da y Song, 2008; Dahl y Molnar, 2003).

La hipótesis asoció los elevados costos de mantenimiento de los parques urbanos del PPU, a diversas variables arquitectónicas, vegetales, ecológicas y de caracterización socioeconómica inherentes a un modelo de paisajismo inglés tradicional no sustentable. Como se discutió en párrafos anteriores, la mayoría de la flora arbórea arrojó valores elevados de adecuación biológica y consumo hídrico bajo-medio, a pesar de ello, se siguieron presentando elevados costos, en mantención vegetal, por lo que se recurrió a un análisis correlacional detallado para comprender que variables independientes de diseño arquitectónico, vegetal, ecológico y de caracterización socioeconómica de la población afectaban las variables dependientes de costos de mantenimiento unitario, totales, mano de obra, entre otros.

Las relaciones de causalidad no se pueden sostener robustamente debido a lo discutido sobre las limitaciones del diseño ex post facto, sin embargo se pueden sostener correlaciones e inferir causalidades con un grado medio de certidumbre (Sampieri et al., 2004). En total, se procesaron correlaciones parciales para 124 variables de caracterización general, socioeconómica, vegetal, arquitectónica, ecológica y de costos de mantenimiento de los 15 parques de estudio del PPU, extrayendo 255 correlaciones más relevantes para esta investigación presentadas detalladamente en la Tabla 63 (anexo), la mayoría se dio entre variables cuantitativas (R de Pearson), el resto correspondió a variables cualitativas (Rho de Spearman). En general, la mayoría de las correlaciones encontradas fueron moderadas y débiles (R: 0,20- 0,65) y la significancia estadística (p valor < 0,2) solamente alcanzó el 41 % de todas las correlaciones consideradas relevantes, lo que señala que existe una variabilidad alta en los rangos de las variables de los parques urbanos del PPU.

Los costos de mantención total mensual fueron influenciados moderada y positivamente por la mano de obra total (n° de guardias y jardineros), el n° de jardineros y las superficies de mantenimiento intensivo. Es decir, que a medida que aumentan los valores de estas variables, aumentan los costos de mantenimiento. Se esperaba que existiese una correlación positiva con la superficie del parque, sin embargo esta presentó una correlación muy débil y no fue estadísticamente significativa, por lo que a medida que aumenta la superficie de un parque no necesariamente aumentan los costos de mantenimiento. Por el contrario, el costo de mantenimiento mensual unitario (estandarizado por superficie), disminuye fuerte y

exponencialmente, a medida que aumenta la superficie del parque, esto se genera porque en los PUN, que tienen una mayor superficie que los PUT (3,3 veces), el costo de mantención total mensual se mantiene similar y estándar, ya que los PUN presentan grandes superficies de mantenimiento básico, que no requieren mayores esfuerzos de mantención, por ende las zonas de mantenimiento intensivo en los PUN son similares a la de los PUT, lo que justifica que los costos totales de mantención sean parecidos.

Este efecto de disminución de costos por la economía de escala también se presenta en experiencias de parques internacionales (CERTÚ, 2001; Benson y Roe, 2007; Forsyth y Musacchio, 2005). Asimismo, la mantención unitaria mensual se correlacionó fuertemente y de manera negativa con la mano de obra unitaria, esto quiere decir que a mayor mano de obra unitaria menor costo de mantenimiento unitario mensual del parque, ya que se optimizan las labores de los jardineros. CEDEUS (2014) encontró que a nivel nacional se maneja una cifra de superficie de mantenimiento diario de área verde por jardinero que se aproxima a los 3.500 m²; para el caso del PPU la mano de obra unitaria de los PUN alcanzó un promedio de 9.234 m² de área verde diaria, duplicando la eficiencia promedio; los PUT alcanzaron un promedio de 4.034 m² de área verde diaria mantenida por jardinero y el promedio general del PPU fue de 5.421 m² de área verde diaria mantenida por jardinero, lo que demuestra que, al parecer, existe una eficiencia mejor en la dotación de personal del PPU, en comparación a la mantención de áreas verdes municipales. Pero, si solamente se consideraran las superficies de mantenimiento intensivo de los parques del PPU el promedio se corresponde con lo presentado por CEDEUS (2014), arrojando un valor de 3.516 m² de área verde mantenida diaria por jardinero. Un aspecto debatible es que la eficiencia disminuye en las áreas verdes municipales debido a la variable de fragmentación espacial que implica un desplazamiento continuo entre plazas, situación que no se presenta en los parques urbanos (CEDEUS, 2014).

Las variable socioeconómica del índice de vulnerabilidad sociodelictual de la comuna de emplazamiento, tuvo una tendencia muy débil y no fue estadísticamente significativa, esto se debió a que los estudios desde donde se elaboraron estos índices traen consigo una variabilidad asociada y los valores promedio de escala comunal, no necesariamente son válidos a la escala de parque, a pesar de ello, fueron empleados ante la carencia de

información detallada de los usuarios y debido a la condición de vulnerabilidad socioeconómica comunal requerida para la construcción de parques del PPU (León, 2001; PULSO, 2002; MINVU, 2012). Asimismo, cabe resaltar que la variable años de escolaridad de la comuna de emplazamiento del parque, presentó una tendencia débil que afectó negativamente los costos de mantenimiento, es decir que a mayor cantidad de años de escolaridad comunal menores son los costos de mantenimiento mensual, esto se aprecia en que existe menor nivel de vandalismo y mayor valoración del espacio público (Beumer, 2010; Stamp III, 2005; Hein y Rau, 2007). Otras variables como la densidad poblacional comunal no tuvieron impactos en los costos de mantenimiento, contrario a lo que se podría inferir de que en comunas con mayor densidad poblacional, mayor será la tasa de usuarios que visiten el parque, encareciendo, por efectos del uso intensivo, los costos de mantenimiento.

En síntesis, se obtuvo que los costos de mantenimiento mensual de un parque urbano del PPU, se correlacionan fuertemente con la superficie de pavimentos blandos, el número de trabajadores, moderadamente con los requerimientos de riego diario, superficie de césped y la cantidad de mobiliario urbano total, es decir que los parques que presenten mayores superficies de maicillo; mayor número de trabajadores (jardineros y guardias); que sus especies vegetales tengan mayores requerimientos hídricos; que presenten las mayores superficies de césped; y que presenten la mayor cantidad de mobiliario (bancas, basureros, bebederos, etc), tendrán los mayores costos de mantención mensual. En contraposición, se correlacionan de manera moderada y negativa con los costos de mantenimiento el índice de riqueza, la adecuación biológica y el porcentaje de cobertura vegetal total. Por lo tanto, para disminuir los costos de mantención se recomiendan parques que maximicen las coberturas vegetales, con jardines de biotopos sucesionales, que aumenten la riqueza de especies (n° de diferentes especies vegetales) y la adecuación biológica de estas, que disminuyan las superficies de césped y pavimentos blandos y que disminuyan la cantidad de mobiliario urbano. Estos resultados son coherentes con los parques urbanos sustentables internacionales que tienen bajo costos de mantenimiento (Baumeister, 2007; Krauel, 2008; Song, 2012; Tunkey, 2009; Minguet, 2010; Sanchez, 2008).

La mano de obra, reflejada en la cantidad de jardineros, se vio afectada positiva y fuertemente por las superficies de mantenimiento intensivo, moderadamente por las superficies de césped y el número de mobiliarios urbano total.

Los costos de mantención de seguridad mensual no son menores ya que alcanzan un 23 % del costo de mantención total mensual de un parque urbano, y este porcentaje sigue incrementándose, ya que se ha determinado que la percepción de seguridad en un espacio público es una variable clave que determina el éxito en la visita y permanencia de un parque (Vélez, 2009; Forsyth y Musacchio, 2005; Beumer, 2010; Falcón, 2007; Hein y Rau, 2007). Estos costos se correlacionaron positiva y fuertemente con el número de mobiliarios urbano total; y moderada y positivamente con la dotación de personal (número de guardias), densidad poblacional comunal y densidad de mobiliario urbano, lo que significa que todas esas variables en conjunto, aumentan los gastos en seguridad.

Asimismo, se esperaba que las variables de caracterización socioeconómica de los habitantes de la comuna de emplazamiento influenciaran fuertemente los costos de seguridad, sin embargo estas presentaron relaciones débiles e indeterminadas con los costos de seguridad, como la tasa delictual comunal y la percepción de inseguridad comunal que influenciaron positiva y débilmente los costos de seguridad, no siendo significativos en la mayoría de los casos. Una probable razón de porque no se encontraron estas correlaciones es debido a que en la planificación de la dotación de personal de un parque urbano, no han sido consideradas estas variables de caracterización socioeconómica.

Es importante señalar que se debe ser criterioso al momento de tomar decisiones con la información comunal de estos análisis, pues deben ser complementados con un diagnóstico local en terreno, ya que la dotación de efectivos, dependerá de las circunstancias socioeconómicas directas del entorno, por lo tanto en entornos más vulnerables y con historial de vandalismo, se deberá acrecentar la dotación de personal de seguridad, independiente de si la comuna tiene una tasa sociodelictual menor o un nivel de escolaridad mayor. MINVU (2014) encontró que los parques urbanos que tienen un cierre perimetral consolidado (Parque Bernardo Leighton) presentan un nivel de vandalismo menor, en cuanto al daño del mobiliario, infraestructura y usuarios, experimentado en un parque sin

cierres perimetrales (Parque La Bandera). Es difícil inferir esas observaciones con datos comunales, por lo que se reitera la importancia del análisis a escala de sitio.

La mantención vegetal mensual se vio influenciada de manera positiva y moderada por las variables superficie de césped y el número total de árboles y arbustos. El porcentaje de cubresuelos incrementó los costos de manera débil y el porcentaje de pradera natural disminuyó los costos de mantención vegetal de manera lineal y débil. El porcentaje de césped y el total de unidades de árboles y arbustos solamente presentaron un incremento lineal débil en los costos de mantención, no siendo estadísticamente significativos. En contraste, el porcentaje de pradera natural disminuyó lineal y débilmente los costos de mantención, no alcanzando a ser estadísticamente significativo. La principal variable vegetal que influenció el número de jardineros fue la superficie de césped, ya que a mayores superficies de césped mayores fueron el n° de jardineros, esta relación es lineal, moderada y estadísticamente significativa. Estos resultados se corroboran por lo sostenido en Dell (2009), Thompson y Sorvig (2007), Cook y Vanderzanden (2011) y Forsyth y Musacchio (2005), que sostienen que las superficies de césped, cubresuelos y macizos florales tradicionales, encarecen los costos de mantenimiento de parques, áreas verdes y jardines, debido a las labores de mantención requeridas, insumos y dotación de personal.

El análisis correlacional de las variables ecológicas y vegetales, se obtuvo con una robustez media y débil (R^2 entre 0,2 -0,6), en donde las superficies de césped, de cubresuelos y la cantidad de árboles y arbustos exóticos y perennifolios, requieren de una mayor dotación de jardineros e incrementan linealmente los costos de mantención total y vegetal de los parques. Por el contrario, se determinó que las superficies de pradera natural, la riqueza de especies arbóreas nativas y perennifolias, disminuyen lineal y moderadamente los costos de mantención. Estos resultados son coherentes, con los principios del paisajismo sustentable que indican que la flora nativa local (adaptada biogeográficamente), la disminución del césped y reemplazo por pradera natural disminuyen los costos de mantención (Musacchio, 2009; Dascal, 1994; Falcón, 2007; Hough, 2004; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013; Musick, 2013; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011). Si bien los análisis correlacionales no arrojaron resultados contundentes, en cuanto al valor del coeficiente de

determinación lineal (R^2), se sostiene que esto se debió a la variabilidad inicial en los valores ofertados por las empresas de mantenimiento.

Los análisis correlacionales de las variables arquitectónicas demostraron que existe una tendencia lineal positiva entre los costos de mantenimiento total y general con las superficies de pavimentos blandos, el n° de mobiliario urbano total y las superficies de edificaciones e infraestructura, ya que estos elementos requieren de un mayor dotación de personal (jardineros) para su mantenimiento, por ejemplo los maicillos de las circulaciones (pavimentos blandos) necesitan una limpieza diaria y una reposición periódica de las gravillas, que se deterioran con el uso intensivo (PULSO, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011). Por el contrario, las superficies de pavimentos duros mostraron una tendencia débil en la disminución de costos, esto se corresponde con el modelo de paisaje de eficiencia energética “hardscape”, que señala que debido a la resistencia, durabilidad, facilidad de limpieza y versatilidad de los pavimentos para el diseño de espacios, estos suponen un importante ahorro hídrico (en caso de reemplazar superficies de césped) y una disminución en los costos de mantenimiento (MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dascal, 1994; Hough, 1998; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Kendle et al., 2007; Zimmerman et al., 2011; Wathne, 2010; Mika, 2014; VanDerZanden, 2001; Pederson, 2012; Meijer et al., 2011).

Finalmente, del análisis correlacional se obtuvieron dos observaciones relevantes:

Primero, para disminuir los costos de mantenimiento de los parques urbanos en el AMS se requiere reducir las superficies de césped, cubresuelos, macizos florales anuales, cantidad de árboles y arbustos exóticos caducifolios, las superficies de pavimentos blandos, infraestructura y edificaciones, en menor medida, y las grandes cantidades de mobiliario urbano. Además, se apreció que en las comunas de emplazamiento del parque donde mayor es la tasa promedio de años de escolaridad comunal, menores son los costos de seguridad y labores ocasionales, generadas por el vandalismo.

Segundo, los resultados obtenidos reflejan tendencias lineales moderadas y débiles, principalmente, con los costos de mantenimiento y en algunos casos estas no son

estadísticamente significativas, lo cual se corresponde parcialmente por lo informado en la revisión bibliográfica. Se sostiene, y se comprobó, que esta varianza, se debe a que los costos de mantenimiento no son asignados de manera cuantitativa y objetiva de parte de las empresas oferentes en la licitación, sino que la metodología que emplean para estimar los costos de mantenimiento es cualitativa y comparativa, existiendo variaciones superiores al 100% entre las empresas oferentes, para el mismo ítem de mantención en un determinado parque.

Para determinar como estas variables afectan conjuntamente los costos de mantenimiento, se aplicaron modelos de regresión lineal múltiples (MRLM) con las variables independientes de caracterización socioeconómica, vegetal, arquitectónica y ecológica de los parques del PPU. Estos modelos son sensibles a la varianza muestral de los datos, al número de variables incorporados y a la condición de ajustarse a una distribución normal (Sampieri et al., 2004). Por ende, dada la variabilidad encontrada en las correlaciones parciales, se obtuvieron modelos medianamente robustos, en donde muchas variables no resultaron ser estadísticamente significativas (p valor $< 0,2$) al interior de los modelos.

Los modelos mostraron que los costos de mantenimiento se ven incrementados por la superficie de pavimentos blandos, n° de trabajadores totales, cantidad de mobiliario urbano y superficie de césped, elementos que se utilizan en abundancia para el diseño de los parques del PPU. Por el contrario, la adecuación biológica y la cobertura vegetal total fueron variables que al interior del MRLM disminuyeron los costos de mantenimiento.

Finalmente, se infiere que estos MRLM presentan un grado de incertidumbre no despreciable si se quisieran emplear como herramientas predictivas, no obstante si permitieron describir y comprender, con un grado de confianza estadística aceptable (80 %), el efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente costos de mantenimiento.

Para determinar el efecto del tipo de diseño paisajista sobre los costos de mantenimiento también se aplicaron MRLM asociando el costo de mantención mensual (variable dependiente) a determinadas variables independientes de caracterización vegetal, arquitectónica y ecológicas agrupadas previamente como paisajismo tradicional (paisajismo

ingles) y paisajismo sustentable. El modelo de paisajismo tradicional resultó ser estadísticamente significativo a un p valor $<0,2$, pero el modelo de paisajismo sustentable no logró ser estadísticamente significativo, lo que indica que existió una fuerte varianza muestral en los datos ingresados de las variables de paisajismo sustentable.

El paisajismo tradicional agrupó variables independientes que contribuyeron positivamente al incremento de los costos de mantención, estas variables fueron: superficie de pavimentos blandos, porcentaje de infraestructura y edificaciones, superficie mantenimiento intensivo, superficie de cubresuelos, densidad de mobiliario, superficie de césped, porcentaje de flora exótica y porcentaje de flora caducifolia. El modelo logró explicar el 80 % de la varianza de los costos de mantención mediante la regresión lineal de las variables independientes de paisajismo tradicional.

El paisajismo sustentable agrupó variables independientes que tienden a disminuir los costos de mantenimiento. Entre las variables se encuentran: adecuación biológica, índice de riqueza (S), superficie de pavimentos duros, densidad vegetal arbustiva, porcentaje flora perennifolia, requerimientos hídricos, porcentaje de flora nativa y superficie de pradera natural. El modelo logró explicar el 60 % de la varianza de los costos de mantención, en la medida que aumentaron los valores de las variables independientes disminuyeron linealmente los costos de mantenimiento.

La aplicación de los MRLM a variables independientes correspondientes con tipos de paisajismo, permitió verificar que los costos de mantenimiento se incrementan al implementar un tipo de paisajismo tradicional (ingles) y tienden a disminuir con un diseño paisajista sustentable (Muscacchio, 2009; Falcón, 2007; Hough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011; Dinep y Schwab 2010; Dell, 2009; Kjelgren et al., 2000; Carrow, 2006; OCUC, 2009; Medina y Gumper, 2004).

Para complementar lo anterior se diseñó un indicador de paisajismo tradicional, aglomerando variables del componente vegetal, ecológico y arquitectónico, en escalas de referencia que estiman el grado de paisajismo asignando una puntuación correspondiente a los rangos de las variables estudiadas (Velez, 2009; Power, 2006; Byrne y Sipe, 2010).

Los resultados del indicador de paisajismo tradicional constataron que los PUT tienen los valores más altos de paisajismo tradicional, en contraste con los PUN que presentan los valores más bajos, estos se correlacionaron con los costos de mantenimiento unitario, demostrando que existe una correlación fuerte ($R^2 = 0,71$) entre el tipo de diseño del parque urbano y los costos de mantención. A partir de ello, se demuestra que los PUN tienen un menor costo de mantenimiento mensual debido también a que su diseño se aproxima más a las condiciones ecológicas, vegetales y arquitectónicas que se han descrito para los parques urbanos sustentables, en contraste con los PUT que presentan costos más elevados debido a su diseño paisajista tradicional inglés. Este indicador, deberá complementarse con otras variables de diseño arquitectónico que den cuenta de la sustentabilidad del mobiliario, de los pavimentos, infraestructura e instalaciones, ya que por ejemplo la densidad de mobiliario urbano, afectará con mayor intensidad los costos de mantenimiento si este no es sustentable y resistente al vandalismo (DPRNYC, 2012; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Wathne, 2010; Gouvea y Mont'Alvão, 2013; Sanches y Frankel, 2010; Ewing et al., 2006; Yücel, 2013).

La variabilidad inicial de los costos de mantenimiento se intentó explicar, en primera instancia, debido a las características de diseño vegetal, arquitectónicas y ecológicas del parque emplazado en un determinado sitio, según la lógica del diseño urbano (Dinep y Schwab, 2010). Sin embargo, esta condición no se cumple en los diseños de parques del PPU, debido a visiones contradictorias sobre la sustentabilidad entre los planificadores y arquitectos diseñadores, que no disponen de metodologías científicas para estimar cuantitativamente la sustentabilidad de un proyecto, remitiéndose exclusivamente al marketing verde y generando *trade off* (compromisos) entre la finalidad de proveer servicios ecosistémicos sociales de recreación y deportes y las dimensiones ecológicas y económicas de la sustentabilidad (Villalobos, 2010). Por lo tanto, no se han empleado herramientas que permitan estimar los costos de mantenimiento de un determinado diseño de parque urbano, debido a que la autoridad tampoco lo ha exigido, pero el vínculo entre planificación, diseño, construcción y mantención es primordial para garantizar la sustentabilidad de un proyecto urbano (Beatley, 2010; Hough, 2004; Falcón, 2007; Vanderzanden, 2011; Beck, 2013; Dunnett, 2004; Thompson y Sorvig, 2007; Dell, 2009; Villalobos, 2010; Dinep y Schwab, 2010; Steiner, 2012).

Dado lo anterior, la variabilidad de los costos del PPU es posible que se deba a los instrumentos de licitación, que son planillas de itemizados en donde se desglosan los costos para cada ítem por oferente, en el contexto de un máximo valor adjudicable a una licitación, sin embargo el valor final se determina por las ofertas recibidas y por lo establecido según el presupuesto de gestión anual institucional, que se basa en las experiencias de años anteriores (MINVU, 2012). Por lo tanto, existe una gran diversidad entre las ofertas de licitación, ya que al no existir rangos y parámetros de costos de mantenimiento unitario referenciales para cada labor, las empresas oferentes aplican valores arbitrariamente, asignando mayor o menores costos a determinadas labores, sin ningún respaldo argumentativo, pero siempre tratando de ajustarse al máximo valor ofertado, por lo tanto para un mismo ítem de mantenimiento se constataron diferencias de hasta 30 veces o más entre los valores ofertados de las distintas empresas.

Por lo tanto, se plantea como una solución a esa problemática reemplazar el método de costo comparativo de las planillas de licitación, en la que las empresas adjudican valores arbitrarios, a un método de costo unitario basado en parámetros medidos empíricamente en los parques urbanos, que sirven para estimar rangos exactos de costos de mantenimiento (Ingels, 2009). El método de costos unitarios es una herramienta de gestión que requiere ser implementada para optimizar los costos de mantenimiento, si bien el esfuerzo inicial para obtener los parámetros y rangos adecuados es mayor que el actual método comparativo (Ingels, 2009), se ha estimado que aplicando este método se pueden disminuir los costos de mantenimiento de los parques del PPU hasta en un 30 % de los actuales, ahorro bastante significativo si se considera que además de los 15 parques analizados al año 2012, en la actualidad, se agregarán hasta nuevos 34 parques urbanos del PPU, que funcionara en varias regiones del país según el Decreto 112, promulgado por el MINVU a fines del 2014 que aprobó el programa de conservación nacional de parques urbanos.

Dado que el periodo de estudio se basó en la década 2002-2012, para corroborar la validez actual y pertinencia de la información, se compararon con los costos de mantenimiento de los parques del PPU para el periodo 2012-2014, constatando que los parques urbanos del PPU incrementaron sus costos en un 16,9 %, correspondiendo a los PUT un incremento del 11,2 % y a los PUN un 59,8 % de incremento. Esta variación significó económicamente

casi \$ 600 millones de pesos adicionales. ¿Por qué se produjo ese gran incremento en la mantención de los PUN? la evidencia sugiere que estos incrementos se deben a razones económicas y al arbitrio de las empresas de mantenimiento, ya que no existen parámetros rigurosos que permitan establecer la causalidad del incremento.

Las bases técnicas de licitación establecen que los contratos reajustarán sus valores de acuerdo al IPC anual, pero para el periodo estudiado comprendido entre el 2002-2012, este promedió un 2,7 % y el promedio de incrementó anual correspondió a un 6 %, lo que significa que los incrementos reales duplicaron lo establecido en las bases de licitación. ¿Qué factores explican el incremento de los costos anuales sobre el valor promedio del IPC anual y por qué son autorizados, a pesar de ir contra lo establecido en las bases de licitación?

Para finalizar, el análisis de costos de mantenimiento comparó los principales costos de mantenimiento del parque Renato Poblete (2014-2015) con el valor promedio de los parques del PPU al año 2012, en conjunto con variables generales, arquitectónicas y vegetales y las diferencias en la gestión, para establecer si se están incorporando medidas de sustentabilidad. En síntesis, se puede señalar que el parque Renato Poblete incorporó aspectos de sustentabilidad para mejorar su gestión, como la disminución de superficies de césped, mobiliario antivandálico, sistema de riego eficiente y aumento de cubresuelos y zonas ecológicas (biotopo no sucesional), no obstante sus costos de mantención resultaron ser muy elevados, comparables al parque Lo Varas, lo cual no es congruente con el paradigma de la sustentabilidad en parques urbanos (DPRNYC,2012; Vélez, 2009; Cranz y Boland, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005; Moughtin y Shirley, 2005; Rahnama, 2012; Ackley,2014; Power, 2006; Gallagher, 2012; Rottle,2011), si bien el mantenimiento vegetal disminuyó costos importantes como el manejo de césped y cubresuelos, hay costos bastantes elevados (en comparación a valores promedio del PPU) en lo referente al gasto en seguridad y los costos de mantención de infraestructura mensuales que ascienden a los 23,4 (\$ 23.436.908) millones de pesos mensuales, siendo que el precio ofertado para el mismo ítem por la empresa competidora Fray Jorge S.A fue de \$640.000, siendo 37 veces más costoso que el ofertado y adjudicado por la empresa Núcleo Paisajismo. Este elevadísimo costo es independiente del manejo de infraestructura estacional (que incluye pinturas) y del

mantenimiento ocasional que incluye la limpieza y recolección de sedimentos de la laguna, además la mantención del sistema hidráulico está a cargo de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, esto demuestra un manejo ineficiente en los recursos.

Dado lo anterior, el PMS-MINVU tiene una responsabilidad en el manejo eficiente de los recursos destinados a la mantención de parques, que se puede sintetizar en:

- 1) Investigar e implementar estándares efectivos de sustentabilidad en el diseño de parques, que potencien los SSEs múltiples y disminuyan los costos de mantención
- 2) Definir rangos y parámetros de costos unitarios para las labores de mantenimiento
- 3) Actualizar los instrumentos de licitación y modificar los porcentajes asignados a la experiencia del oferente, para promover nuevos actores, que incorporen innovaciones en el manejo eficiente y sustentabilidad de parques urbanos
- 4) Fiscalizar que los incrementos anuales de costos se ajusten según el IPC

No obstante, resulta contradictorio que MINVU no halla adaptado íntegramente medidas de eficiencia energética, diseño sustentable y ecológico en el diseño de sus parques, ya que hace más de una década se ha hecho hincapié en esta problemática, basta con revisar algunos informes de ACEC (1995), PULSO (2002), MINVU (2009) que fueron estudios solicitados por MINVU para evaluar el programa de parques urbanos (PPU- PULSO 2002) y generar manuales de diseño y recomendaciones para disminuir los costos de mantenimiento, que hacen referencia a la necesidad de generar diseños más sustentables y de mantención más económica. Asimismo, autores como Dascal (1993; 1994) reconocen la problemática de los costos de mantenimiento de áreas verdes y el diseño asociado. En el caso de los parques del PPU León (1997; 2001), Segovia (2006) y OCUC (2009) reconocen la necesidad de generar diseños con flora adaptada a las condiciones edafoclimáticas regionales, reducir el consumo hídrico, promover la participación ciudadana y apropiación de las personas, garantizar la autosustentabilidad financiera incluyendo alianzas entre organismos públicos y privados e incluir estudios ecológicos para el diseño de parques urbanos (León, 1997). El siguiente extracto es una cita textual del artículo de León (1997):

“Sin lugar a dudas, los retos cuantitativos del Programa Nacional de Parques Urbanos hacen necesario profundizar aspectos aún en ciernes, como el conocimiento de la biología de la flora nativa y los ecosistemas naturales, la efectividad del trabajo participativo con las comunidades receptoras, la atracción de recursos económicos para la administración y mantención de los espacios verdes, y la multiplicación de las iniciativas de coordinación con instituciones del Estado, Organismos No Gubernamentales, organizaciones sociales e instituciones privadas. Todo ello con el propósito de asegurar una aproximación integradora al desarrollo del espacio urbano de uso público, que resulte eficiente en lo social y lo económico, y promueva la biodiversidad, la restauración y preservación de hábitats naturales al interior y en el entorno de las ciudades, además de proveer espacios para la recreación y el deporte” (León, 1997).

La sustentabilidad de los parques urbanos también se reconoce como un objetivo importante a lograr institucionalmente (MINVU, 2012a;c; 2014), sin embargo no existen referencias concretas, estándares o reglamentos que regulen la sustentabilidad (como se discutirá más adelante ni siquiera existe una definición clara de sustentabilidad de parte del MINVU), a lo sumo este objetivo se traduce a una indicación en las bases de licitaciones de los parques del PPU, en donde el ítem correspondiente a las labores de monitoreo señala explícitamente que el monitoreo tiene como objetivo:

“Consiste en realizar observaciones, seguimientos periódicos y recomendaciones a las actuales condiciones del parque, para así poder lograr un mejor uso de él, haciéndolo más sustentable, identificando y evaluando los elementos que lo conforman en toda su dimensión (mobiliario urbano, equipamiento, sistema de riego y eléctrico, especies vegetales, senderos, caminos, etc.). Con esto, más el conocimiento de la dinámica de uso del Parque, el contratista debe realizar recomendaciones para modificar, mejorar, eliminar o adicionar elementos de los sistemas de los que está compuesto el Parque, de forma bien desarrollada y explicativa, más que de manera enunciativa o puramente referencial” (MINVU, 2012).

Para finalizar lo anterior, se han complementado estudios como los efectuados por CAS (2012) que ponen en evidencia la necesidad de transformar el diseño paisajista de las áreas verdes hacia uno más sustentable, en el contexto del cambio climático y el uso eficiente del

recurso hídrico en el AMS, en conjunto con las indicaciones contenidas en la PNDU (MINVU, 2013) que corroboran lo anterior, incluyendo la necesidad de generar indicadores de sustentabilidad urbana. En dicho marco, esta investigación, en conjunto con el trabajo encargado por el MINVU a CEDEUS (2014), son herramientas poderosas para mejorar la gestión de los parques urbanos del PPU, disminuyendo sus costos de mantenimiento, mejorando la provisión de servicios ecosistémicos múltiples y transformándolos en más sustentables. La decisión de implementar estas medidas dependerá de la voluntad política del MINVU.

4.2.2 Sobre las herramientas conceptuales

Hace dos décadas, un manual técnico de parques urbanos, encargado por el MINVU, sugirió emplear la visión sistémica para analizar el funcionamiento de los parques y poder disminuir los costos de mantenimiento (ACEC, 1995). Sin embargo, dichas recomendaciones no fueron consideradas en el diseño de los parques urbanos del PPU. En contraste, cada vez es más común encontrar parques diseñados bajo la perspectiva ecosistémica en países desarrollados (Kowaric et al., 2005; IFAS, 2012; Cranz y Boland, 2004; Krauel, 2008; Dunnet y Hitchmough, 2004; Ignatieva et al., 2000; Baccini, 2012).

El automantenimiento del sistema vegetal (ya sea progresivo en etapas de madurez del parque), es un elemento clave para disminuir los costos de mantenimiento de un parque urbano (Beck, 2013). Los autores Dahl y Molnar (2003) sostienen que el automantenimiento del sistema vegetal de un parque varía desde un gradiente urbano-periférico, en donde los parques periféricos, que son más naturales, tienen un porcentaje mayor de automantenimiento que los parques urbanos céntricos o cívicos que son espacios de uso intensivo. Se logró establecer que un parque urbano sustentable deberá planificar su sistema vegetal para que alcance un estadio similar a un ecosistema maduro, en fase de automantenimiento (Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013), al menos los sectores de biotopos sucesionales del parque. Esto contrasta con el actual mantenimiento de los parques urbanos tradicionales del PPU, que mediante perturbaciones constantes al sistema vegetal, mantienen el parque en etapas de crecimiento constante, comparables a un ecosistema inmaduro, que no logra establecer las interacciones entre sus componentes y consolidar los procesos ecosistémicos (Dunnet y

Hitchmough, 2004; Hough, 2004; Da y Song, 2008; Monsalve, 2010; Trepl, 1995; Niemala, 1999). Debido a que el sistema vegetal de los parques no es planificado como un ecosistema, requiere un mantenimiento permanente para brindar SSEs.

De lo mencionado anteriormente, se derivan las siguientes interrogantes: ¿Es posible que el sistema vegetal de un parque urbano alcance el automantenimiento similar a un ecosistema maduro y cuáles son los mecanismos o herramientas ecológicas para lograrlo?

Los resultados de los casos de estudio de PUS internacionales muestran que es posible planificar sistemas vegetales en parques urbanos que funcionen como biotopos y que, mediante el manejo adecuado, logren establecerse en el tiempo como si fuesen auténticos ecosistemas urbanos maduros, por citar un ejemplo, el parque Anchor Park en Malmo (Suecia) fue diseñado bajo la perspectiva de los biotopos de automantenimiento, por ende el sistema vegetal no detenta gastos de mantención (Krauel, 2008; Andersson, 2009).

Sobre la resiliencia de los biotopos de parques urbanos, se puede establecer que se tratarían de ecosistemas vulnerables ante amenazas, especialmente antrópicas, si no se logran acoplar las dinámicas del sistema social del entorno, con el sistema vegetal del parque en un sistema socioecológico mayor (mediante educación ambiental y participación ciudadana). Asimismo, se pueden tratar como ecosistemas fragmentados según lo descrito por Lindenmayer y Fischer (2013), estos ecosistemas presentan alteraciones, debido a la fragmentación inherente al diseño de un parque urbano (caminos), que se podrían traducir en descenso del tamaño de las poblaciones, mayor aislamiento (importancia de diseñar con herramientas de ecología del paisaje que integren un sistema de corredores biológicos urbanos para mejorar la conectividad entre áreas verdes), disminución del tamaño del parche y alteración de procesos paisajísticos, como resultados esos efectos alteran la composición y abundancia de las comunidades biológicas de los ecosistemas, por lo tanto los parques urbanos diseñados como biotopos se verán confrontados constantemente a perturbaciones antrópicas y efectos de la fragmentación (la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** resume los principales efectos de la fragmentación sobre los ecosistemas).

Los mecanismos para establecer un sistema vegetal, **que funcione como si fuera un ecosistema**, son los mecanismos, analizados en los resultados, del manejo forestal sucesional secundario que mediante una estrategia de recreación de procesos ecosistémicos logra acrecentar la dinámica de los estadios de la sucesión secundaria, logrando regenerar en un mediano plazo auténticos bosquetes urbanos (Fujiwara, 1997; Miyawaki, 1998; Wang et al., 2002; Da, 2004; Hough, 2004; Kowaric et al., 2005). El manejo sucesional requiere otro tipo de cuidados de mantención (menores que el mantenimiento tradicional), que al menos hasta los cinco años (fases iniciales) resultan imprescindibles en condiciones urbanas, para asegurar el tránsito exitoso hacia estadios más avanzados de la sucesión (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Kowaric, 2005; Hubbard, 2008). Si los parques urbanos del PPU incorporaran un enfoque de diseño de biotopos, podrían disminuir sus costos de mantención vegetal.

Un aspecto a discutir es que estrategia se establecerá para el diseño del sistema vegetal del parque. De acuerdo a las condiciones del sitio se pueden distinguir tres estrategias: (i) en caso de que el sitio presente ecosistemas sucesionales en estadios medios o avanzados, es preferible intensificar dicha sucesión y conservarla de perturbaciones externas (antrópicas), por ende se privilegiaría la regeneración natural por sobre la sucesión manejada; (ii) en caso de que el sitio tenga una buena conexión con ecosistemas aledaños, principalmente en parques periurbanos y cerros islas, se puede implementar una estrategia de restauración ecológica a través del manejo sucesional para reconstruir la estructura y composición biótica del ecosistema original, combinada con la regeneración natural en aquellas zonas que ya estén transitando estadios sucesionales; (iii) en sitios intrínsecamente urbanos, se deberá emplear una estrategia de creación mediante el manejo sucesional de nuevos ecosistemas (biotopos), sobre la composición de estos, se discutirá más adelante, si es conveniente que estos nuevos ecosistemas solamente presenten interacciones semejantes a los ecosistemas naturales regionales (flora nativa), que presenten composiciones y estructuras de los ecosistemas urbanos (sitios eriazos) o que se establezca una mixtura entre ambos tipos de ecosistemas.

Sobre las estrategias presentadas se puede discutir que, en primer término, los sitios eriazos en el AMS, debido a las condiciones edafoclimáticas regionales y las alteraciones urbanas,

se encuentran en estadio sucesionales primarios, en donde la flora urbana espontánea (malezas herbáceas) son las especies dominantes del sistema vegetal urbano (Larson et al., 2004; Lundholm and Martin, 2006; Kent et al., 1999), por lo que no suponen un gran patrimonio ecológico en el AMS. Para el establecimiento de un bosque urbano sucesional en un sitio erizado deben confluír procesos culturales y procesos naturales sobre el medio abiótico y biótico urbano (Kowarik, 2005); los procesos culturales guardan relación con el abandono de un espacio urbano y su demolición y los procesos naturales en el medio abiótico consisten en la corrosión de materiales y transformación del suelo (Kowarik, 2005; Kühn, 2006). Se ha encontrado evidencia que la regeneración natural de ecosistemas nativos en sitios erizados de ambientes urbanos alterados es muy improbable (Pop (Boancă) et al., 2011), no siendo la excepción en el AMS según los estudios de Figueroa et al. (2014) la regeneración de propágulos de especies nativas en sitios erizados urbanos es prácticamente nula, ya que estos espacios se encuentran colonizados por flora urbana espontánea, principalmente adveniza.

En segundo término, los procesos de regeneración natural, para la restauración de ecosistemas naturales, se pueden entender mediante un modelo cronológico que abarca las etapas de llegada de semillas, aparición de plántulas, establecimiento de especies y coexistencia del sistema maduro (Grime, 1979; Pellissier et al., 2010). El problema es que en los ecosistemas periurbanos altamente afectados por los efectos de la urbanización y sometidos a constantes perturbaciones antrópicas, el modelo cronológico acorta los ciclos de vida y restringe el número de especies (Pellissier et al., 2010), alterando dramáticamente la composición y estructura de los ecosistemas naturales que se pretenden restaurar (Binelli, 2008; Cortina et al., 2006). Estas mismas características se aplican tanto a la regeneración de bosquetes como de humedales urbanos, en donde lo más importante es definir bien los objetivos del plan de restauración para poder aplicar las técnicas ecológicas necesarias (Hubbard, 2008; Ruiz-Jaén y Aide, 2006). Para el caso del AMS, los cerros islas son los elementos naturales de mayor relevancia, tanto así que existen varios parques emplazados en cerros islas, dos de los cuáles se han estudiado (parque Cerro Blanco y Cerros de Chena), dada la provisión de SSEs que generan y los bajos costos de mantenimiento pueden ser considerados más sustentables que los parques urbanos tradicionales, sin

embargo se deberán generar estrategias y planes de restauración ecológica, dada la elevada degradación y fragmentación ecosistémica (Mella y Loutit, 2007; Fernández, 2011)

En tercer término, la planificación y creación de un sistema vegetal tipo biotopo, requiere definir a priori cuáles serán los objetivos a alcanzar, esto se refiere principalmente si la finalidad de la restauración es contribuir a crear ecosistemas naturales en entornos urbanos, mejorar la biodiversidad urbana, ser un espacio para el paseo, recreación y educación ambiental de la comunidad, o una mezcla de las tres (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Kowaric, 2005; Hubbard, 2008).

Para determinar con exactitud la composición de especies que albergaran los biotopos de se deberán considerar aspectos biogeográficos y del modelo de Grime para seleccionar las especies más adecuadas biológicamente. De acuerdo con las clasificaciones de Luebert y Pliscoff (2006) y Álvarez (2008) son cuatro las grandes formaciones vegetales para el AMS: (i) bosque esclerófilo (ladera de exposición sur), asociaciones predominantes de quillay-litre-peumo; (ii) matorrales esclerófilos (ladera exposición norte) asociaciones predominantes de espino -chagual- litre- quisco- tebo; (iii) ecosistema xérico alto andino, asociaciones predominantes de Llareta spp- Poacea spp- Adesmia spp ; (iv) flora urbana espontanea (sitio eriazo), asociaciones predominantes de cardo spp- manzanilla- hierba de San Juan- Llantén- Gramíneas e.g. - Nassella spp -Avena spp- Palqui.

Por lo tanto se recomienda que para el diseño de un parque urbano en el AMS, el césped se se reemplaze por praderas naturales de flora urbana espontanea, que sean combinaciones de plantas tolerantes al stress y ruderales, es decir resistentes a las perturbaciones de mantenimiento del césped, según el modelo de Grime (Dunnet y Hitchmough, 2004; Zimmerman et al., 2012). Las zonas duras del parque (hardscape) pueden incluir mixturas de especies entre flora urbana espontánea y flora xérica altoandina, las principales restricciones del uso de flora altoandina, guardan relación con que no se ha demostrado la adecuación de estas en el espacio urbano, si bien hay estudios incipientes de propagación que demuestran que tendrían cierto potencial de desarrolló, junto con el manejo de técnicas de propagación como criogenésis (impacto térmico de frío para ayudar a germinar la semilla) (Echeñique et al., 2003). Los biotopos podrían establecerse como asociaciones del bosque esclerófilo y de matorral, con fines demostrativos enfocados a la conservación de la

biodiversidad y la educación ambiental, como el caso del parque explorador Quilapilun (Echeñique, 2013). Sin embargo, no existe evidencia empírica que demuestre que es económicamente más sustentable la creación de ecosistemas nativos, no necesariamente adaptados a las condiciones urbanas (Beck, 2013; Cook y Vanderzanden, 2011), si bien existen algunos experimentos que determinan la resistencia de especies como el quillay y el peumo a regímenes de reducción hídrica y modificaciones en las tasas de crecimiento con diferentes grados de fertilización y riego (Donoso et al., 2011; Valenzuela y Vita, 2007), aún no hay investigaciones que demuestren la sobrevivencia y resistencia a las condiciones urbanas, en regímenes de ausencia o mínimo mantenimiento, de especies nativas del bosque esclerófilo.

Finalmente, también se pueden generar combinaciones entre flora nativa endémica del bosque esclerófilo y algunas especies exóticas adaptadas a las condiciones del AMS, en conjunto con flora urbana espontánea, para generar una mezcla entre especies ruderales, tolerantes al stress y competidoras, favoreciendo la riqueza del sistema vegetal y dando lugar a los procesos ecológicos (Dunnet y Hitchmough, 2004). Como en el caso del parque Ecotemático Canal el Carmen donde los ensambles de flora nativa esclerófila coexisten con asociaciones de flora exótica propiamente del Parque Metropolitano de Santiago -Cerro San Cristobal- (Schulze, 2012).

4.2.3 Sobre los PUS internacionales

Los resultados de los análisis de conglomerados k- medias para los estudios de casos de los PUS internacionales evidenciaron que estos se pueden clasificar en tres grupos (conglomerados) de acuerdo a sus variables de diseño, vegetal, arquitectónico y ecológica. El primer conglomerado abarcó el 62% de los PUS y se correspondió con la aproximación ecológica de Eficiencia Energética de Biotopos; el segundo conglomerado abarcó un 13 % del total de PUS y se asoció a la aproximación ecológica Eficiencia Energética Hardscape; finalmente el tercer conglomerado incorporó el 25 % de los PUS y se correlacionó con la categoría de aproximación ecológica sucesional. Esta clasificación tiene sentido por lo propuesto por Cranz y Boland (2004), Power (2006), Kendle et al. (2007), Krauel (2008), Dunnet y Hitchmough (2004), Ignatieva (2010) y Kingsbury, (2004), en donde muestran que los parques urbanos sustentables tienen diferentes estrategias ecológicas, de acuerdo

con sus objetivos preliminares, en donde destacan la restauración, eficiencia energética y manejo sucesional, principalmente.

Entre las correlaciones entre variables cualitativas (rho de Spearman) o entre variables cuantitativas y cualitativas, se encontró una fuerte correlación negativa entre los costos de mantención y la reducción hídrica, es decir que a mayor reducción hídrica menores valores se obtuvieron en los costos de mantención. En contraposición, una correlación fuerte positiva se encontró en los costos de mantención y el porcentaje de césped, es decir que a medida que los parques tuvieron mayores porcentajes de césped mayores fueron sus costos de mantenimiento, relación que es similar a la obtenida en el análisis del PPU.

Otras correlaciones fuertes positivas se obtuvieron en el uso de encuentro y esparcimiento con el tipo de aproximación ecológica predominante en el parque, es decir que los parques que privilegiaron la eficiencia energética mediante la incorporación de superficies duras (hardscape) y paisajismo xérico (bajo consumo hídrico), por sobre los parques de biotopos o sucesionales, tendieron a concentrar una mayor actividad de encuentro social (tipo plazas) que sus homólogos, en donde los parques sucesionales son los que menor uso de encuentro social y esparcimiento permiten. Del mismo modo, se encontraron correlaciones fuertes positivas entre la adecuación biológica y el porcentaje de flora nativa, es decir que a mayor porcentaje de flora nativa, mayor valor en la adecuación biológica de los parques, esta correlación también se encontró en el análisis del PPU.

Entre las correlaciones moderadas que caben destacar, se encontró que los costos de mantención disminuyen moderadamente con la adecuación biológica, correlación también encontrada en el análisis del PPU. En contraste, se encontró una correlación moderada negativa entre el porcentaje de césped y la reducción hídrica, es decir que a mayor porcentaje de césped menor es el grado de reducción hídrica del parque, en el caso del PPU se encontró una correlación entre las superficies de césped, el consumo hídrico y los costos de mantenimiento, resultados también encontrados en OCUC (2009).

En cuanto a la relación de los parques con su entorno se pudo establecer que los PUS ecológico sucesionales se establecieron principalmente en ubicaciones periurbanas y presentaron asociación con elementos naturales, del mismo modo que los PUN del PPU;

los PUS de eficiencia energética hardscape y de eficiencia energética de biotopos se encontraron al interior de la ciudad, siendo urbanos.

En lo que concierne a las variables económicas y de gestión, se pudo apreciar que los costos de construcción (inversión) fueron un poco más de 3 veces superiores en los PUS que en el promedio de los parques del PPU, ya que en el PPU la inversión por parque fue cercana a los 1.000 millones de pesos, en cambio en los PUS el promedio fue de 3.400 millones de pesos, siendo los PUS ECS los parques más económicos con inversiones cercanas a los 1.700 millones de pesos y los más costosos los PUS EEB con una inversión promedio de 5.500 millones de pesos. Los costos de mantenimiento variaron entre bajos a medios en los PUS, presentando los PUS ECS y PUS EEH costos bajos de mantenimiento y el PUS EEB costos medios de mantención. Por el contrario, los PUT tuvieron altos costos de mantenimiento y los PUN tuvieron costos medios de mantención, siendo elevado el costo de mantenimiento promedio en el PPU.

Las variables sociales el uso de recreación y deportes fue medio en los PUS, siendo bajo en los PUS ECS y medio en los PUS EEH y PUS EEB, a diferencia del alto valor en el PPU, tanto en PUT como en PUN. El uso de paseo y educación ambiental fue alto en los PUS, a excepción del PUS EEH en donde este valor fue bajo y también fue bajo en el PPU, siendo medio en los PUN y bajo en los PUT. Finalmente, los resultados del análisis de los PUS sirven como estándares de referencia en la planificación y diseño de nuevos parques urbanos que aspiren a ser sustentables.

4.2.4 Sobre el índice de sustentabilidad

A nivel general los parques del programa PPU, tanto naturales como tradicionales, presentaron un valor del 37 % en términos del potencial ecológico que pueden desarrollar, un 38 % en cuanto a la sustentabilidad económica y un 53 % en el ámbito social. El parque urbano eficiente Bicentenario de Vitacura, sobrepasó los valores anteriores, ya que la dimensión ecológica representó un 67% de sus posibilidades, la dimensión económica un 80%, por lo que es un parque de mantención mucho más económica que el promedio de los parques del programa PPU, y en términos de la función social, esta se desarrolló en un 73%. Los sitios eriazos urbanos tienen un potencial, no evaluable, del 100 % en cuanto a la gestión de residuos y automantenimiento, ya que no requieren mantención, pero su

provisión de SSEs en los ámbitos sociales, se ve bastante restringido ya que los sitios eriazos, en el AMS, se asocian a focos de delincuencia y contaminación (microbasurales) (Sabatini y Brain, 2008; Rivas, 2005), más que a espacios de contemplación, recreación e investigación de sucesiones ecológicas, como ocurre en Berlín y otras ciudades europeas (Rink y Emmrich, 2005; Anderson, 2009; Kowaric et al., 2005). En términos ecológicos, los sitios eriazos se encuentran en estadios tempranos de la sucesión, por lo que no generan los mismos SSEs que generan los sitios eriazos en estadios sucesionales más avanzados (Anderson, 2009; Kowaric et al., 2005; Da y Song, 2008).

El parque urbano sustentable, obtuvo una puntuación completa en cuanto a la provisión multidimensional de SSEs, generando vínculos entre la comunidad y el parque en un espacio seguro, promoviendo participación ciudadana y educación ambiental, asimismo como un sistema ecológico funcional, que recicla sus residuos y que tiene un mínimo costo de mantenimiento (DPRNYC, 2012; Vélez, 2009; Cranz y Boland, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005; Moughtin y Shirley, 2005; Rahnama, 2012; Ackley, 2014; Power, 2006; Gallagher, 2012; Rottle, 2011). Del mismo modo, existen diferencias entre los distintos tipos de parques urbanos sustentables, en cuanto a la provisión de SSEs, por ejemplo se vio que los PUS sucesionales privilegian las dimensiones ecológicas y económicas, los PUS de eficiencia energética hardscape privilegian la dimensión social y económica, y el PUS de eficiencia energética de Biotopos intenta combinar en una estructura equilibrada las tres dimensiones.

Existen diferencias marcadas entre tipos de parque, ya que los parques urbanos tradicionales presentaron el valor más bajo del índice de sustentabilidad, cercano al 0,3 lo que los sitúa como poco sustentables, y la sustentabilidad de estos se acentúa en la componente social, descuidando la componente ecológica y económica de la sustentabilidad, ya que el coeficiente de integración es cercano al 1,2 lo que implica una baja integración en sus dimensiones. Los parques urbanos naturales presentaron un grado de sustentabilidad mayor que los tradicionales (0,5), siendo moderadamente sustentables y tuvieron una integración mejor en las distintas dimensiones, ya que sus costos de mantención son menores a los parques urbanos tradicionales y tienen un aporte mayor en términos ecológicos. El parque urbano sustentable se calibró en base a experiencias

internacionales y constituye un modelo a seguir, a nivel nacional se carece de referencias sólidas en proyectos de este tipo, siendo el más cercano el parque Bicentenario de Vitacura, pero tiene la salvedad de que la inversión quintuplica, en la mayoría de los casos, a los parques urbanos del PPU, sin embargo el parque urbano Bicentenario de Vitacura tuvo una mayor eficiencia en la mantención (costo de mantención mensual unitario menor que el valor promedio de los parques del PPU $\$130 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$, en contraste $\$373 \text{ (m}^2\text{)}^{-1}$ del PPU), una mayor presencia de flora nativa y conectividad ecológica, en conjunto con mayor percepción de seguridad y actividades multiprogramáticas, que lo acercan bastante a un PUS, sin embargo podrían disminuirse los porcentajes de césped (cercaos al 30 %) y promoverse el uso de biotopos, con señaléticas de educación ambiental, para incrementar su sustentabilidad.

Mediante la aplicación de este índice (Modificado de Vélez, 2009) se pudo demostrar que la función social prevalece en la planificación y diseño de los parques urbanos de Santiago (PPU), descuidando la integración y potencial desarrollo de las otras dimensiones de la sustentabilidad. Ello se corrobora, ya que en las bases de licitaciones, PMS explicita que las funciones sociales del parque, le dan sentido al PPU; bástese con referir la siguiente cita extraída de las bases de licitación del parque Mapuhue.

“El parque citado, tiene por objetivo: la recreación, el esparcimiento, la realización de eventos culturales y deportivos de la comunidad local” (Cita textual bases técnicas licitaciones de mantenimiento Parques PPU en MINVU, (2012b))

Lo anterior se complementa con los criterios de vulnerabilidad social que priman al momento de construir y adjudicar financiamiento de un parque del programa PPU (MINVU, 2012c). Resulta contradictoria la referencia, en las bases de licitación del PPU, a que la función del monitoreo tiene como objetivo mejorar el funcionamiento de los parques, transformándolos en parques más sustentables, lo cual sugiere una confusión conceptual o una baja integración en las dimensiones de la sustentabilidad, sesgada hacia la provisión de servicios ecosistémicos culturales de parte de los parques.

De acuerdo con las características de diseño de los parques urbanos tradicionales del PPU, por su escaso grado de sustentabilidad integral y sus objetivos eminentemente sociales,

estos parques se pueden clasificar en los paradigmas de *parques de la reforma* (1900-1930) e *infraestructura recreativa* (1930-1965) según la clasificación propuesta por Crazn y Boland (2004). Debido a que la inclusión social, servicios de recreación, deportes y paseos, son los principales objetivos que rigen el programa de actividades y el diseño de un parque urbano del PPU, no considerándose las dimensiones ecológicas (servicios ambientales de infraestructura verde) y económicas (gestión de residuos y reducción de costos de mantención). Por lo tanto, si se quieren construir parques urbanos sustentables se deberá avanzar en un modelo de área verde que transforme sus tradicionales funciones ornamentales y de recreación, en un tipo de área verde multifuncional que sirva como soporte e infraestructura a procesos ecológicos (infraestructura verde) que tienen incidencia directa en la calidad de vida de los habitantes y en la sustentabilidad de los ecosistemas urbanos (Gallet, 2011; Tzoulas et al., 2007; Acley, 2014).

Al respecto, los últimos parques diseñados a partir del 2012, por el PPU, a nivel regional como el parque urbano humedal Catrico en Valdivia, el parque urbano Kaukari en Copiapo, el parque urbano sustentable restauración de borde río Cachapoal en Rancagua, los parques de mitigación e impactos contra tsunamis en Constitución, entre otros. Son algunos ejemplos de que el MINVU está comenzando a considerar criterios ecológicos y ambientales para mejorar la sustentabilidad de los parques urbanos (MINVU, 2014). A pesar, de que el MINVU tiene como problemática, el escaso número de profesionales con formación en materias de ecología y planificación urbana sustentable, siendo una institución conformada y dirigida principalmente por arquitectos y profesionales de las ciencias sociales, en donde el énfasis se encuentra en potenciar las políticas de vivienda social y superar el déficit de equipamientos, en desmedro de potenciar la visión sustentable del espacio urbano (MINVU, 2011).

Finalmente, el índice de sustentabilidad de parques urbanos es una herramienta flexible que permite comparar y evaluar la sustentabilidad global, integrando variables cuantitativas y cualitativas de las dimensiones ecológica-económica-social, de distintas tipologías de parques urbanos (Vélez, 2009; Power, 2006). Como consideraciones mientras más exactos sea la información y los datos que se recopilen, mayor será la certeza del índice. Asimismo, los valores referenciales para construir las escalas de los distintos indicadores y

puntuaciones de las variables se deberán adaptar a nuestro contexto y realidad nacional. Una cualidad de los índices que estiman la sustentabilidad de áreas verdes es que son versátiles, descriptivos y metodológicamente relativamente sencillos, por lo poseen el potencial para instaurarse como herramienta de gestión en el mantenimiento de áreas verdes y parques a nivel gubernamental (Power, 2006; Vélez, 2009; Whitford et al., 2001; García y Guerrero, 2006; Flores, 2011).

4.2.5 Sobre el modelo de simulación de costos y recomendaciones de gestión

La simulación del modelo econométrico lineal arrojó que los costos de seguridad pueden disminuir, se estima que hasta en un 12 %, si se favorece la cohesión social entre los usuarios (Lovell y Johnsten, 2008). La cohesión social se puede promover mediante múltiples actividades de inclusión social participativa, concesionando espacios gratuitos (instalaciones) a organizaciones sociales locales para que desarrollen actividades culturales y de recreación (Lovell y Johnsten, 2008). Asimismo, un diseño ambiental para la protección comunitaria (CPTED), que incluya elementos como iluminación adecuada, campos visuales despejados, diseño atractivo y eliminación de escondites se puede fomentar la vigilancia natural, disminuyendo los gastos de seguridad privada en un espacio público (Beumer, 2010; Stamp III, 2005; Hein y Rau, 2007). Este aspecto genera el primer trade off (compromiso) entre un parque urbano sustentable y un parque urbano tradicional, ya que se considera que la flora urbana espontánea (malezas herbáceas) y los estratos arbustivos tipo matorral, interrumpen el campo visual proveyendo refugio para cometer actos delictivos (asaltos, violaciones, consumo de drogas, etc.), por lo tanto la comunidad evita aquellos diseños del tipo matorral boscoso puesto que pueden generar inseguridad en los usuarios (Simonic, 2003; Gregory, 2011; Nassauer et al., 2007). En contraste, los estratos arbustivos desempeñan un rol clave en la formación de ecosistemas sucesionales de biotopos (Beck, 2013). La solución a este dilema consiste, en zonificar, mediante el diseño urbano, los espacios del parque, para que aquellas zonas sucesionales de menor visibilidad tengan un mayor resguardo de seguridad privada, cámaras de vigilancia y se desarrollen aledañosamente zonas de uso intensivo (área de juegos infantiles; canchas deportivas; mobiliario de ejercicio, sedes vecinales, etc), para evitar que estos lugares queden aislados (Ingels, 2009; Thompson y Sorvig, 2007). Asimismo, no se debe olvidar que la participación ciudadana y la educación ambiental de las comunidades aledañas al parque,

son elementos claves para aceptar la estética diferente del paisajismo sustentable (Nassauer, 1992; Simonic, 2003; Secco y Zulian, 2008; Hough, 2004).

Para disminuir los costos de los consumos básicos, se deberán optimizar los recursos hídricos (Falcón, 2007). El riego sustentable deberá priorizar fuentes alternativas al uso de agua potable (MAP), como reutilización de aguas grises, manejo de aguas lluvias, aguas de pozo profundo, entre otros (Nouri et al., 2013; OCUC, 2009; Cabello, 2010). Los parques que utilizan el sistema de pozo profundo como fuente principal de agua tienen un consumo menor de agua potable (MAP), en comparación a los parques que no tienen pozo profundo (OCUC, 2009; Cabello, 2010). Los humedales de fitodepuración de aguas grises permiten generar hábitats especialmente ricos para la avifauna urbana nidificante, contribuyendo al incremento de la biodiversidad y brindando oportunidades para la educación ambiental (Wong, 2006; Lara, 2009; Llagas y Chafloque, 2006; Dziedzic, 2012). Sin embargo, existen tres problemáticas ante el uso de humedales de fitodepuración en el AMS: (i) carencia de proyectos urbanos de humedales de fitodepuración, por lo que se desconoce el comportamiento en zonas áridas, sus costos de mantención y la respuesta de la comunidad ante posibles plagas de insectos o malos olores (Li et al., 2009; Ehrenfeld, 2008; Russell, 1999); (ii) Ausencia de normativa que autorice o regule la generación de humedales de fitodepuración de aguas grises y su uso en riego de áreas verdes (OCUC, 2009); (iii) impacto potencial de las aguas grises sobre el crecimiento de la flora nativa local y especies adaptadas, ya que existe evidencia que las aguas grises, debido a los contenidos de materia orgánica y sales, afectan el crecimiento vegetal (Tanji y Grattan, 2007).

Otra forma de reducir el consumo hídrico es mediante el empleo de técnicas de xeropaisajismo, como el uso de polímeros y mulch de cortezas que ayudan a retener la humedad del suelo, sumado al uso de vegetación xérica de bajo requerimiento hídrico (Falcón, 2007; OCUC, 2009; Thompson y Sorvig, 2007; Dell, 2009; Villalobos, 2010; Wong, 2006; DPRNYC, 2012). Ambas técnicas, están siendo incorporadas a nivel municipal, con bastante eficiencia, en el manejo de parques y áreas verdes.

Para disminuir el consumo energético (electricidad principalmente) se debe incorporar el uso de energías renovables, específicamente energía solar, mediante paneles solares que alimenten las bombas del sistema de riego; uso de bombillas LED de bajo consumo y

luminarias LED con panel solar incorporado e híbridas con turbinas eólicas; plan maestro de iluminación que diferencie los horarios y zonas de iluminación, para disminuir consumo eléctrico (Harrison y Swain, 2003; Villalobos, 2011; Parraguez, 2013; Illanes, 2013; EMELTA, 1999; Zimmermann et al., 2011). Los principales inconvenientes para implementar un sistema de luminaria eficiente y autónomo, son los mayores costos de inversión inicial, los cuáles se amortizan rápidamente, y los potenciales efectos del vandalismo y el robo de estos mobiliarios (MINVU, 2014).

Los procesos de regeneración de los jardines sucesionales permiten disminuir los costos de reposición de especies; asimismo, una comunidad que participa activamente de jornadas de limpiezas participativas, tiende a valorar más el parque, por lo que se disminuye el gasto en reparación y reposición de elementos por efectos del vandalismo, a mayor educación menores son los efectos del vandalismo. Cabe señalar que se espera que los costos ocasionales disminuyan con el transcurso del tiempo (MINVU, 2009; Beumer, 2010; Monroe et al., 2005; Amado et al., 2010; Berkes y Folke, 1998).

El uso de compost de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas servidas permite un aumento de la disponibilidad de materia orgánica, nitrógeno y otros nutrientes que estimulan un rápido crecimiento de la vegetación, mejorando la respiración bacteriana y los procesos de ciclaje de nutrientes, asimismo es utilizado ampliamente para remediar suelos contaminados con metales pesados como plomo (Pb), esto permitiría disminuir las fertilizaciones estacionales y fomentar un vigor vegetal sustentable con el manejo de residuos (Erazo, 2007; Boen y Haraldsen, 2011; Farfel et al., 2005; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011; Dunnett y Clayden, 2007; Dinep y Schwab 2010; VanDerZanden y Cook, 2010). Asimismo, se deberá analizar la normativa sobre el uso de biosólidos y demostrar que estos no tienen impacto sobre la salud de los usuarios, por lo que en primera instancia su uso deberá remitirse exclusivamente a las zonas de biotopos.

Las pinturas deberán tener una base orgánica, ser antigrafitis y también se deberá evaluar la inclusión de los usuarios en esta labor. Los pavimentos blandos del tipo gravilla y maicillo, deberán disminuirse, y ser reemplazados por superficies duras (Dunnett y Clayden, 2007; Dinep y Schwab 2010; VanDerZanden y Cook, 2010). Las labores ocasionales también disminuirán en la medida que se incorporen estas técnicas de manejo.

Entre las medidas más efectivas para disminuir los costos de mantenimiento vegetal se contempla: (i) racionalizar las superficies de césped en áreas acotadas (evitar las grandes praderas tipo campo golf) y que no sobrepasen el 25 % de la superficie total del parque; utilizar mezclas resistentes al pisoteo y la sequía (mezcla de *Cynodon dactylon* y *Lolium perenne*); investigar sobre la factibilidad de dejar zonas de césped con diversos tamaños de corte y niveles de riego, para determinar cuál es la más óptima según su uso, preferir maquinaria automatizada para las labores de mantenimiento (Musacchio, 2009; Dascal, 1994; Falcón, 2007; Hough, 2004; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013; Kingsbury, 2004; Dziedzic, 2012). Reemplazar el césped por otro tipo de superficies que cumplan una función social y recreativa similar y que requieran un mantenimiento menor, como la pradera natural, gomas sintéticas para las zonas recreativas de niños, césped sintético, deck de madera o superficies duras lúdicas y con mobiliario urbano innovador y cómodo (hardscape) (Falcón, 2007; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011). Antes de reemplazar el césped se deberán hacer experimentos a menor escala para comprobar la eficiencia y la aceptación social de estas superficies alternativas, ya que el césped es un elemento cultural poderosa en la estética de lo que se establece como un parque urbano (Hough, 2004; Cranz y Boland, 2004; Igniateva, 2010).

(ii) Disminuir el mantenimiento vegetal de árboles y arbusto, dado que las condiciones de un biotopo generan que el sistema conserve humedad y nutrientes debido a la formación de suelo (hojarasca y sotobosque), reduciendo los gastos en riego y fertilizaciones; las podas se restringen a los árboles aledaños a caminos e infraestructura, también es importante conservar los procesos naturales de ruptura de biomasa vegetal al interior del biotopo, para la generación del suelo; la regeneración por mecanismos reproductivos evita los gastos de reposición, para ello se deberán potenciar los ensambles comunitarios entre polinizadores. El mantenimiento será mínimo, principalmente aseo, después de 10 años de establecimiento del biotopo (autosustentabilidad ecosistema maduro) (Da y Song, 2008; Hough, 2004; Miyawaki, 1998; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013).

Los servicios ecosistémicos culturales provistos por la infraestructura, instalaciones arquitectónicas y mobiliario urbano se pueden potenciar incorporando principios de accesibilidad universal en los accesos e instalaciones del parque y eficiencia energética en las instalaciones (MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dinep y Schwab, 2010); los costos de mantención general se pueden disminuir si se promueve el empleo de mobiliario urbano resistente al vandalismo, de fácil mantenimiento y reposición, y que realce el patrimonio del lugar, diversificando la materialidad empleada en superficies, pero preservando los criterios de resistencia y fácil mantenimiento (MINVU, 2009; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008)

Se encontró que los pavimentos duros tienen un costo de mantención 4,5 mayor que los pavimentos blandos (conformados principalmente por maicillo) en los parques del PPU. Sin embargo, los nuevos pavimentos de gomas tienen un costo menor de mantención que los blandos, ya que no necesitan reposición estacional del material (Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2009). Se plantea disminuir la superficie de pavimentos a un máximo de 25 % total, en coherencia con lo encontrado en el análisis de los PUS. Además de preferir pavimentos duros de bajo mantenimiento (alta durabilidad), bajo costo de reposición y fácil limpieza, también es posible generar combinación de diversos materiales según la zonificación del parque, por lo que pavimentos del tipo deck (madera) podrían emplearse en los alrededores de lagunas y senderos internos de exploración de los biotopos (Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009). También es necesario ampliar la paleta cromática para la pintura de los asfaltos y circulaciones, de esa manera se contribuiría a generar un espacio más lúdico y con una diferenciación programática acentuada. Con el sentido de apropiación los costos de limpieza disminuirán en el tiempo (VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Zimmerman et al., 2011).

La limpieza general abarca tanto la limpieza del componente vegetal y del componente arquitectónico, esta es una labor permanente que requiere una gran cantidad de esfuerzo puesto que la calidad visual del parque dependerá en gran medida en el grado de limpieza de las instalaciones, circulaciones y caminos (MINVU, 2012a; 2014). Promover jornadas de limpieza participativa para incluir a los vecinos y usuarios en la mantención del parque

es una estrategia que se utiliza en diversos PUS, de USA e Inglaterra, principalmente, de esta manera los usuarios se involucran directamente con la mantención del parque reforzando el sentido de apropiación lo que contribuirá a disminuir los gastos en limpieza por remoción de residuos (Beatley, 2010; DPRNYC, 2012; Garces et al., 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009); también es importante generar conciencia sobre el reciclaje y fomentar su praxis, mostrando los ahorros económicos generados por el reciclaje al interior del parque (Cranz y Boland, 2004; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Zimmerman et al., 2011; Meijer et al., 2011). Una alternativa menos convencional es dejar de mantener limpio un pequeño sector del parque, para que la gente compare y tome conciencia del impacto antrópico.

El mobiliario urbano es un elemento clave pues genera confort brindando sentido e identidad al espacio público, por lo que se recomienda el codiseño con los futuros usuarios (Mont'Alvão, 2013; Sanches y Frankel, 2010). Se deberá optimizar el uso de pinturas y materiales no tóxicos y de baja huella ecológica (adaptados regionalmente), asimismo se deberán respetar los criterios de fácil mantenimiento (limpieza) y reparación (pocas piezas), disminuyendo los costos de restauración por uso intensivo y vandalismo. Los sectores de uso más intensivo del parque favorecerán mobiliario urbano estándar de fácil reposición, en aquellos sectores menos intensivos se privilegiara el mobiliario personalizado. La densidad de mobiliario será acorde al número de usuarios proyectados y la capacidad de carga del parque (DPRNYC, 2012; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010). Ese es un problema que se encontró en los parques del PPU, ya que presentan una gran cantidad de mobiliario anticuado, que tiene un elevado costo de mantenimiento, en cambio, el mobiliario del parque Bicentenario de la Infancia (2011) corresponde a un tipo de mobiliario sustentable que tiene el menor costo de mantención.

El diseño urbano revelatorio de procesos incorpora elementos de infraestructura (paseos ambientales autoguiados, puentes, miradores, viveros, lagunas de retención de aguas lluvias y canaletas internas naturalizadas, entre otros) que facilitan la interacción entre los usuarios y la naturaleza, develando los procesos ecológicos, contribuyendo a tener mayor conciencia sobre las dinámicas ecosistémicas del parque (Tunkey, 2012).

En síntesis, se sostiene que si un parque urbano aplica las recomendaciones expresadas con anterioridad, se podría transformar en un PUS, pudiendo generar una gran disminución de costos en relación a los actuales costos de mantención de un parque urbano tradicional.

El modelo de parque urbano sustentable arrojó como resultado que es posible alcanzar, al menos teóricamente, una disminución de costos de hasta un 75 % en comparación a un parque urbano tradicional, esta se expresa en una disminución del 59 % del componente vegetal en su etapa inicial, por efectos de la planificación ecológica del sistema vegetal, y una disminución del 55 % en el mantenimiento general arquitectónico, por efectos del diseño urbano sustentable y la participación ciudadana efectiva. La exactitud de los valores estimados dependerá en gran medida de la robustez del modelo, como se vio en las restricciones metodológicas las bajas correlaciones entre los elementos y sus costos de mantenimiento, se debieron principalmente a la variabilidad inducida por el sistema de costos comparativos de las empresas de mantenimiento. Por lo tanto, si aplica un sistema de costos unitarios basado en parámetros y rangos medidos empíricamente de la gestión de los parques urbanos, se pueden estimar con muchísima mayor precisión los porcentajes de costos y ahorros de cada tipología de parque.

La evidencia empírica de la efectividad del modelo aún se encuentra en ciernes, pero ya existen algunos trabajos que sugieren que aplicando un modelo de paisajismo sustentable se pueden reducir inclusive en un 50 % los costos de mantenimiento, principalmente esto se ha probado en jardines residenciales en EEUU (Dziedzic, 2012; Medina y Gumper, 2004; Rosenberg et al., 2011; Forsyth y Musacchio, 2005). Sobre los costos de inversión el modelo arroja que los PUS resultan en promedio un 25 % más costoso que un PUT. Sin embargo, el análisis de estudio de caso de lo PUS demostró que la inversión de estos parques podrían ser muchísimo más costosos que los parques del PPU.

La reducción de costos de mantenimiento es casi tres veces mayor en los PUS, en comparación a un PUT, y el modelo arroja que estos costos van disminuyendo en el tiempo, en la medida que el sistema se consolida como si fuese un ecosistema maduro.

La mano de obra es un aspecto crítico a optimizar según lo encontrado en CEDEUS (2014), Zamorano (2010) y en este trabajo, ya que en promedio el 50 % de los costos de

mantenimiento se asocian a la mano de obra. Por ende han surgido herramientas para optimizar las labores de los jardineros, como el software propuesto por Lee et al., (2010) que en base a un algoritmo optimiza las labores de mantenimiento de jardines y áreas verdes. En ese sentido, este modelo presentado es una herramienta pionera a nivel nacional, para dichos efectos.

La validación del modelo de estimación de costos de mantenimiento se realizó en base a los parques urbanos del PPU arrojando un error cercano al 15%, pero la validación también debería complementarse con otros parques municipales para limitar el alcance del modelo. Asimismo, aún no existen en Chile experiencias de parques urbanos sustentables, siendo las más cercanas las del parque Bicentenario de Vitacura y el parque (periurbano) Explorador Quilapilun, por lo que no se puede calibrar con exactitud el mantenimiento de un parque urbano sustentable, sino más bien deberán ser rangos estimativos.

El modelo genera importantes ahorros anuales en la mantención de costos, dependiendo de las características del parque simulado y su superficie los ahorros varían entre 169 hasta 268 millones de pesos anuales, ahorros que podría emplearse para costear la construcción y mantención de nuevos parques urbanos sustentables, reduciendo el déficit de estos espacios.

Los ahorros en los costos de mantenimiento efectuados por la actualización de las planillas a un método de costo unitario se estiman en un rango del 20-30 % (Ingels, 2009). El diseño urbano sustentable aporta un ahorro estimado de 40-50% que afecta al mantenimiento general, seguridad, labores ocasionales, estacionales y consumos básicos. Las aplicaciones de la ecología contribuyen a una disminución de costos estimada en un rango 25-35 %.

Debido a la importancia de los parques urbanos y sus elevados costos de mantención, Rosenberg et al., (2011) también desarrollaron un modelo lineal para estimar los costos de mantenimiento de jardines residenciales y áreas verdes en Utah (EEUU), en función de tres tipologías de paisaje: paisaje tradicional, paisaje perenne y paisaje de bosque. Estas tipologías variaban en la cantidad de árboles, superficie de césped, herbáceas, hardscape, entre otros. Se encontraron ahorros significativos en la mano de obra, fertilizantes, insumos, agua y huella de carbono, en los tipos de paisaje de bosque y perenne que redujeron en

mayor medida sus superficies de césped (< 20 %) y que reemplazaron por flora adaptada a las condiciones locales, los arriates florales y los arboles exóticos del paisaje tradicional. El modelo tuvo una validación basada en los costos efectuados en los tres tipos de paisajes en jardines residenciales, evaluados por cinco años, arrojando resultados consistentes.

Entre las limitaciones del modelo de Rosenberg et al., (2011), al igual que en este trabajo, se encontró que la dispersión inicial de datos para calibrar el modelo, puede inducir errores en la estimación de costos y que las salidas del modelo tienen validaciones locales, con las calibraciones actuales, por lo que si se quiere implementar el modelo en otras regiones, se deberán calibrar con datos actualizados y regionales. Asimismo, se reconoce que un modelo lineal basado en software de hojas de cálculo es una herramienta eficaz para gestionar áreas verdes y disminuir los costos de mantención.

4.3 Proyecciones de consultoría, líneas de investigación y publicaciones

Coherentemente con el rol de las ciencias ambientales (Rosa y Machlis, 2002), a partir de esta extensa investigación se proyectan los siguientes productos de consultoría y herramientas de gestión ofertable al MINVU, los gobiernos regionales, los municipios y las empresas de mantención de parques urbanos, entre otros:

1. Diseño de manual de planificación y diseño de parques urbanos sustentables.
2. Construcción de un software, basado en el modelo de simulación, que estime los costos de mantención de un parque urbano tradicional y un parque urbano sustentable.
3. Medición y generación de estándares y de criterios para el cálculo de los costos de mantenimiento urbano en parques del AMS, y a nivel nacional.
4. Desarrollo de asesorías en planificación ecológica para el diseño de los sistemas vegetales de los nuevos parques urbanos y para la potenciación de servicios ecosistémicos.
5. Elaboración de diagnósticos, evaluaciones e investigaciones ecológicas en parques urbanos existentes.
6. Desarrollo de estudios de uso y provisión de servicios ecosistémicos en parques urbanos y áreas verdes

7. Aplicación del índice de sustentabilidad para estimar la sustentabilidad ecológica, social y económica de los parques urbanos, en parques urbanos administrados por otras instituciones (diferente al PPU en la región metropolitana), o en otras regiones del país y Latinoamérica.
8. Capacitaciones dirigidas a las empresas de diseño de parques sobre conceptos ecológicos aplicables al diseño ecológicamente sustentables.
9. Capacitaciones dirigidas a las empresas de mantenimiento de los parques urbanos sobre conceptos ecológicos aplicables al mantenimiento de parques urbanos y prácticas internacionales de mantenimiento sustentable y ecológico.

Asimismo, a partir de este seminario, pueden surgir y/o consolidarse las siguientes temáticas, que no han sido investigadas exhaustivamente (vacíos de conocimiento):

1. Cuantificación de los efectos de la disminución de las superficies de césped en parques urbanos sobre los usos recreativos.
2. Determinación de la sustentabilidad de las áreas verdes urbanas y su provisión de servicios ecosistémicos en diferentes comunas del país.
3. Evaluación del trade off entre la valoración de la estética de paisajismo sustentable (biotopos), la percepción de seguridad de los usuarios y valoración de servicios ecosistémicos culturales.
4. Evaluación de la composición y estructura de la biota urbana y el rol del nicho en áreas verdes y parques urbanos.
5. Análisis de la sobrevida de las especies del bosque esclerófilo en condiciones urbanas de stress y ausencia de mantenimiento en el AMS.
6. Medición de los servicios ecosistémicos de la flora urbana espontánea y del paisaje resultante tras un manejo sucesional en sitios eriazos.
7. Evaluación de las limitaciones de la flora altoandina y especies del bosque esclerófilo en su propagación y uso en paisajismo urbano.
8. Desarrollo de técnicas para el aprendizaje y reconocimiento de biodiversidad en alumnos y usuarios de parques urbanos.
9. Investigación sobre técnicas de rehabilitación ecológica en espacios naturales urbanos y periurbanos y su conectividad mediante corredores biológicos.

10. Medición de la adaptación de la flora urbana frente a escenarios de cambio climático y su impacto en el mantenimiento de áreas verdes.
11. Cuantificación del aporte de los parques diseñados como infraestructura verde para mitigar efectos del cambio climático e inundaciones en ciudades intermedias
12. Evaluación de la factibilidad e implementación de sistemas humedales de fitodepuración de aguas grises y manejo de aguas lluvias para el riego de áreas verdes y parques

Del mismo modo, de este seminario de título servirá como insumo para elaborar cuatro potenciales publicaciones científicas en ecología urbana, dos en revistas locales y dos ISI.

1. Análisis de los costos de mantenimiento de los parques del PPU del AMS y sus correlaciones con variables de diseño vegetal, ecológico y arquitectónico. Publicación en revista local (e.g. Revista de Geografía Norte Grande)
2. Estimación de la sustentabilidad de los parques urbanos del AMS mediante la aplicación de un índice multidimensional. Publicación en revista local (e.g. Revista EURE).
3. Propuesta de clasificación de parques urbanos a partir de cuatro tipologías de diseño ecológico y estimación de su sustentabilidad. Publicación en revista internacional (e.g. Urban Ecosystem).
4. Modelo para la estimación de costos de mantenimiento de parques urbanos sustentables. Publicación en revista internacional (e.g. Urban Forestry y Urban Greening).

5 CONCLUSIONES

1. El análisis de costos demostró que existe una relación entre el tipo de diseño y los costos de mantenimiento, en donde aquellos parques asociados a un diseño tradicional presentan mayores costos que los parques más naturales del PPU.
2. Los costos de mantenimiento presentan una varianza que no solamente se explica por las variables de diseño vegetal, arquitectónico, ecológico y socioeconómico del parque en específico, sino que tiene que ver con la variabilidad inicial inducida por las ofertas de mantenimiento de las empresas de mantención.

3. La adecuación biológica de la flora es una variable clave que incide en los costos de mantención de los parques urbanos, sin embargo ésta solamente representa un 25 % en los costos, existiendo otros costos que cubren la diferencia, e.g. seguridad, labores ocasionales y mantención arquitectónica.
4. Los parques urbanos incrementan sus costos anualmente en un porcentaje cercano al 6 %, existiendo una gran variabilidad entre los incremento anuales de las labores específicas de mantención.
5. MINVU ha incorporado algunas innovaciones para mejorar la sustentabilidad vegetal de los más recientes parques urbanos (e.g. Parque Bicentenario de la Infancia, Parque Renato Poblete, Parque Cerros de Chena, Parque Peñalolen, entre otros) presentándose una disminución de costos en ítems como manejos de cubresuelos, césped, entre otros. No obstante, en general estas innovaciones no se han reflejado en el costo total de mantención, ya que se han encarecido otros aspectos.
6. El índice de sustentabilidad de parques urbanos permitió estimar y definir cuál es el nivel de sustentabilidad de algunos parques representativos del AMS. Los parques urbanos tradicionales del MINVU son los menos sustentables ya que su provisión de servicios ecosistémicos se focaliza en la dimensión social, descuidando los aspectos ecológicos y costos de mantención. Los parques urbanos naturales del MINVU son un poco más sustentables, y el Bicentenario de Vitacura obtuvo la mejor puntuación.
7. El análisis de estudio de caso de PUS permitió extraer parámetros de diseño que incrementan la sustentabilidad y disminuyen los costos de mantenimiento. Asimismo, se determinaron tres tipologías de diseño sustentable: de eficiencia energética y superficies duras (hardscape); de eficiencia energética y jardines de biotopos de automantenimiento; y parques sucesionales donde se permite la regeneración natural de los ecosistemas urbanos.
8. Los conceptos de la ecología representan un aporte significativo para el diseño de parques y áreas verdes interconectadas; incorporan una visión ecosistémica que integra los componentes del parque y los usuarios en un sistema socioecológico mayor y que perfecciona los ingresos de recursos al sistema y las salidas de

servicios ecosistémicos; el concepto de manejo sucesional permite generar jardines tipo biotopos que en el tiempo se asemejen a ecosistemas maduros; los criterios de la biogeografía brindan conocimientos acerca de las formaciones vegetales locales para diseñar un sistema vegetal adecuado edafoclimáticamente.

9. Si los sistemas vegetales se diseñaran en base a biotopos de manejo sucesional, de mínimo mantenimiento; se reducirían las superficies de césped y se reemplazarían por zonas de pradera natural y otras superficies alternativas que brinden servicios ecosistémicos similares al césped, pero a un menor costo de mantención. Por otra parte si se implementaran mobiliarios urbanos antivandálicos, se reemplazarán las superficies blandas (maicillo) por superficies duras de bajo mantenimiento (hardscape). luminarias LED con paneles solares e híbridos de energía eólica; sistemas de riego por goteo automatizado; el ahorro tanto en energía como en reposición sería significativo.
10. El modelo econométrico lineal sintetiza los aportes propuestos por la ecología urbana y el diseño urbano, permitiendo estimar una reducción de costos hasta en un 75 % del costo de mantenimiento actual de un parque urbano. Los parques urbanos tradicionales simulados tienen una validación del 85 % en comparación a los resultados encontrados en parques similares.
11. El MINVU tiene la responsabilidad de generar estándares y criterios de costos de mantención, replicables a otros parques, para reducir las pérdidas por errores de estimación.
12. Los parques urbanos sustentables son capaces de potenciar la provisión de servicios ecosistémicos ecológicos, culturales y económicos, es decir, no comprometen los objetivos recreativos, sino que los complementarán con servicios ecosistémicos de educación ambiental, participación ciudadana, promoción de la conservación de biodiversidad a nivel local, entre otros. Además, la construcción de parques urbanos sustentables generará un ahorro que permitiría aumentar la dotación de parques y áreas verdes, tanto en el AMS como a nivel nacional, disminuyendo el déficit de estos espacios incrementando la sustentabilidad urbana.

6 REFERENCIAS

- ACEC, Consultores Ltda. (1995). Manual técnico de parques urbanos. *Capítulo I: Guía indicativa de diseño para parques urbanos*. Documento elaborado por encargo de MINVU, disponible físicamente en Centro de Documentación MINVU, Santiago.
- Ackley, J. W. (2014). Bringing Nature to Humans: How to Evaluate the Next Generation of Urban Parks and Green Spaces. *Cities and the Environment (CATE)*, 7(1), 9.
- Álvarez, S. (2008). Caracterización Florística y Proposición de una Tipología de la Vegetación para la Pre-Cordillera Andina de Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Memoria Ing. Forestal. Santiago, Chile. 96 p
- Amado, M. P., Santos, C. V., Moura, E. B., y Silva, V. G. (2010). Public participation in sustainable urban planning. *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(2), 102-108.
- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: Simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista forestal latinoamericana*, 37, 1-16.
- Anderson, K. M. (2009). Marginal nature: urban wastelands and the geography of nature. Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Available online: <http://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/ETD-UT-2009-12-604/ANDERSON-DISSERTATION.pdf?sequence=1>
- Andersson, S. (2002). The Anchor-Park, Malmo, Sweden 2001. A+ u-architecture and urbanism, (381), 6-11.
- Arenas, G. y De La Luz M. (2005). Metodología para la evaluación de parques urbanos: aplicación en la Hondonada, Cerro Navía. Reporte encargado por MIDEPLAN a Instituto de Economía Pontificia Universidad Católica. 162 p. : il., mapas.
- Arroyo, M. T. K., Rougier, D., Pérez, F., Pliscoff, P., y Bull, K. (2003). La flora de Chile central y su protección: antecedentes y prioridades para el establecimiento del Jardín Botánico Chagual. *Chagual*, 1, 31-40.
- Arroyo, M. T., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F. y Massardo, F. (2008). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. *Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos*, 90-93.

ATISBA, (2011). "La Brecha Verde: Distribución espacial de las áreas verdes en el Gran Santiago".[en línea]: documenting electronic sources on the Internet. 2011 [fecha de consulta: 24 de abril 2013]. Disponible en: <http://www.atisba.cl>

Austin, G. (2013). Case study and sustainability assessment of bo01, malmö, sweden. College Publishing, 8(3), 34-50.

Baccini, P. (2012). Designing urban systems: ecological strategies with stocks and flows of energy and material. Applied Urban Ecology: A Global Framework, 54-65.

Barton, J. R. (2006). Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. EURE (Santiago), 32(96), 27-45.

Barton, J., Jordán, R., León, S. M., y Solis, M. otros (2007), "¿ Cuán sustentable es la Región Metropolitana de Santiago. Metodologías de evaluación de la sustentabilidad", documentos de proyectos, (170).

Bastén, V. G. (2005). Sobre sistemas, tipologías y estándares de áreas verdes en el planeamiento urbano. DU y P: revista de diseño urbano y paisaje, 2(6), 2.

Beatley, T. (2010). Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning. Washington, D.C. USA, Island Press.

Beck, T. (2013). Principles of ecological landscape design. Island Press. Pp- 221- UK.

Berrizbeitia, A. (2007). Re-placing process. Large Parks. Princeton Architectural Press, New York, 175-197.

Beumer, C. (2010). Social Cohesion in a Sustainable Urban Neighbourhood. Halifax: Department of International Development Studies Faculty of Graduate Studies and Research Saint Mary's University.

Binelli, E. K. (2008). Biodiversity and the Restoration of the Urban Forest Ecosystem. *Chapter 3 in Restoring the urban forest ecosystem (IFAS)*, 1-22.

Bolund, P. y Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29:293 – 301

Borsdorf, A. (2003). La segregación socio-espacial en ciudades latinoamericanas: el fenómeno, los motivos y las consecuencias para un modelo del desarrollo urbano en América Latina. Transformaciones regionales y urbanas en Europa y América Latina, 129.

Borgström, S. (2003). Management of urban green areas in the Stockholm County. Degree project paper in Systems Ecology at Stockholm University, 18.

Brands, K. (2013). Mandela Park. Almere. Países Bajos. *Paisea: revista de paisajismo*, (25), 64-71.

Breuste, J., Qureshi, S., y Li, J. (2013). Applied urban ecology for sustainable urban environment. *Urban Ecosystems*, 16(4), 675-680.

Cadenasso, M. L., y Pickett, S. T. (2008). Urban principles for ecological landscape design and maintenance: Scientific fundamentals. *Cities and the Environment (CATE)*, 1(2), 4.

Carvallo, G. O., Teillier, S., Castro, S. A., y Figueroa, J. A. (2014). The phylogenetic properties of native-and exotic-dominated plant communities. *Austral Ecology*, 39(3), 304-312.

CAS (Proyecto ClimaAdaptaciónSantiago), (2012). Plan de adaptación al cambio climático para la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Estudio elaborado por Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ. (En línea). documenting electronic sources on the Internet. 2013 [fecha de consulta: 24 de abril 2013]. Disponible en: http://www.ufz.de/export/data/403/46050_PlanAdaptacion_121126.pdf

CASEN, Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional. (2011). Resultados de la Encuesta Nacional De Caracterización Socioeconómica. Santiago de Chile: Ministerio del Desarrollo Social. Disponible online en: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/layout/doc/casen/publicaciones/2011/CASEN_2011.pdf

CEDEUS (Centro de desarrollo urbano sustentable), (2014). Costos de mantención de las áreas verdes urbanas en Chile. Informe solicitado por MINVU y presentado en el seminario Chile Área Verde: Equidad y Sustentabilidad en Parques y Plazas. Pontificia Universidad Católica de Chile, casa central, Santiago, Noviembre 2014,

CERTU (Centro de Estudios sobre las Redes, Transportes, Urbanismo y Obras Públicas) (2001). Diseñar con la naturaleza en la ciudad. CERTU, Francia, París. Disponible online en: collections du Certu, mars 2001

Chiesura, A. (2004). The Role of Urban Parks for the Sustainable City. *Landscape and Urban Planning*, 68: 129-140

Colding, J., Lundberg, J., y Folke, C. (2006). Incorporating green-area user groups in urban ecosystem management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 35(5), 237-244.

Cook, T. W., y VanDerZanden, A. M. (2011). *Sustainable Landscape Management: Design, Construction, and Maintenance*. John Wiley & Sons.

Correa-Galleguillos, P. y F. de la Barrera. (2014). Análisis de la estructura y la composición del arbolado en parques del área metropolitana de Santiago. *Chloris Chilensis*. Año 17:Nº 1.

Cortina, J., Maestre, F. T., Vallejo, R., Baeza, M. J., Valdecantos, A., y Pérez-Devesa, M. (2006). Ecosystem structure, function, and restoration success: Are they related?. *Journal for Nature Conservation*, 14(3), 152-160.

Cranz, G., y Boland, M. (2004). Defining the sustainable park: a fifth model for urban parks. *Landscape Journal*, 23(2), 102-120.

Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Da, L. J., y Song, Y. C. (2008). The construction of near-natural forests in the urban areas of Shanghai. In *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests* (pp. 420-432). Springer New York.

Dahl, B., y Molnar, D. J. (2003). *Anatomy of a park: Essentials of recreation area planning and design*. Waveland Press.

Dascal, G. (1993). Mantención de áreas verdes en zonas urbanas desfavorecidas: Un asunto pendiente en la planificación urbana. *Revista de Geografía Norte Grande*, 20, 19-24.

Dascal, G. (1994). Los espacios verdes apropiados (EVAs). *Revista de Geografía Norte Grande*, 21, 7-12.

Davies, C. (2005). People working for nature in the urban forest. In *Wild Urban Woodlands* (pp. 131-142). Springer Berlin Heidelberg.

De la Barrera, F., Elizalde, P., Moraga, S., Oporto, A., Pulgar, C., San Martín, L., Sepúlveda, G. y Serey, I. (2009). Ecosistemas públicos, red de humedales y esteros urbanos de Placilla, Valparaíso: Una propuesta urbano-ambiental de recuperación de barrios. *Revista de Arquitectura* 19: 26-33

Devitt, D. A., y Morris, R. L. (2008). Urban landscape water conservation and the species effect. *Water Quality and Quantity Issues for Turfgrasses in Urban Landscapes*. CAST Special Publication, 27, 243-257.

Dell, O. E. (2009). *Sustainable Landscaping for Dummies*. John Wiley y Sons.

Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., y Brown, C. (2011). The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289-300.

DPRNYC, (2012). *A Plan for Sustainable Practices within NYC Parks*. Oficial report for Department Parks and Recreation New York City. Available online in: https://www.nycgovparks.org/sub_about/sustainable_parks/Sustainable_Parks_Plan.pdf

De Sousa, C. (2012). *South Waterfront District, Portland, OR: A Sustainable Brownfield Revitalization Best Practice*. Portland Bureau of Planning, South Waterfront Plan.

Dziedzic, K. (2012). Grass to Xeriscape Cost Benefit Analysis and Qualitative Study. Estudio Universidad Lethbridge, departamento de Geografía. Disponible Online y consultado el 10 de junio 2014 en: http://oldmanbasin.org/files/4013/4244/9933/Final_Grass_to_Xeriscape_Final_Report.pdf

DiBari, J. N. (2007). Evaluation of five landscape-level metrics for measuring the effects of urbanization on landscape structure: the case of Tucson, Arizona, USA. *Landscape and Urban Planning*, 79(3), 308-313.

Díaz, S., y Cabido, M. (2001). Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(11), 646-655

Dinep, C. y Schwab, K. (2010). *Sustainable site design*. John Wiley y Sons, Inc.

Donoso, S., Peña, K., Pacheco, C., Luna, G., y Aguirre, A. (2011). Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de Quillaja saponaria y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque (Valdivia)*, 32(2), 187-195.

Dunnett, N., y Clayden, A. (2007). Resources: the raw materials of landscape. *Landscape and Sustainability*, 196-221.

Echenique, A., Kenrick, C., y Legassa, M. V. (2002). Jardín Botánico Chagual: una creación necesaria para la ciudad de Santiago de Chile. *Revista electrónica Chloris chilensis*, 5(2).

Echenique, A., Kenrick, C., y Legassa, M. V. (2003). El Jardín Botánico Chagual: un jardín de plantas nativas de la zona de clima mediterráneo de Chile. *Chagual*, 1(1), 4-11.

Echenique, A. (2013). Parque explorador Quilapilun. *Revista electrónica Chagual* 11(4-11).

ENUSC, Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana. (2012). Resultados de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana. Santiago de Chile: Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Disponible online en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/encuestas_seguridadciudadana/victimizacion2012/pdf/presentacion_resultados_resumen_enusc_IX.pdf

Ernstson, H., Sörlin, S., y Elmqvist, T. (2008). Social movements and ecosystem services—The role of social network structure in protecting and managing urban green areas in Stockholm. *Ecology and Society*, 13(2), 39.

Escobedo, F. J., Nowak, D. J., Wagner, J. E., De la Maza, C. L., Rodríguez, M., Crane, D. E., y Hernández, J. (2006). The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban Forestry y Urban Greening*, 4(3), 105-114.

Falcón, A. (2007). *Espacios verdes para una ciudad sostenibles: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Barcelona: Gustavo Gili.

Fernández, I. C. (2011). Los Cerros Isla como hábitats de fauna y generadores de servicios ambientales para la ciudad de Santiago de Chile. *Revista Conservación Ambiental*, 1, 9-15.

Figuerola, J., Teiller, S. y Castro, S. (2014). Caracterizando la diversidad, abundancia y distribución de la flora urbana de Santiago de Chile: Bases ecológicas y botánicas para la comprensión de los procesos de urbanización. Presentación seminario "Sustentabilidad Urbana: Debates y propuestas para mejorar la calidad de vida", FAUP, U. Central de Chile, Nov. 2014.

Fjortoft, I. (2001). The natural environment as a playgrounds for children: the impact of outdoor play activities in pre-primary school children. *Early Childhood Education Journal*, 2 :111-117.

Flores-Xolocotzi, R. (2012). Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. *Frontera norte*, 24(48), 165-190.

Flores-Xolocotzi, R., y González-Guillén, M. D. J. (2014). Consideraciones sociales en el diseño y planificación de parques urbanos. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, 6(24).

Forsyth, A., y Musacchio, L. (2005). *Designing small parks: a manual for addressing social and ecological concerns*. John Wiley y Sons.

Fuentes, P. (2011). Plan metropolitano de áreas verdes. En: *Proyectos Urbano-Regionales: Seguridad Humana, Eficiencia Energética y Equilibrio Climático para América Latina y el Caribe*. CEPAL ediciones 2011

Fuentes, P. (2010). Proyecto: Plan Metropolitano de áreas verdes Santiago 2012-2021. Gobierno Regional Metropolitano (GORE). Documento presentado en el programa de alta gestión urbana CEPAL. Disponible en: <http://www.urbeverde.com/wp-content/uploads/2011/08/InformeFinal PFuentes Julio2011 vdef.pdf>

Gallagher, T. (2012). *Developing Sustainable Park Systems in Oregon*. Informe realizado para el municipio de Oregon- EEUU. Disponible online en [http://www.oregon.gov/oprd/PLANS/docs/scorp/20132018_SCORP/Developing Sustainable Park Systems.pdf](http://www.oregon.gov/oprd/PLANS/docs/scorp/20132018_SCORP/Developing_Sustainable_Park_Systems.pdf)

Gallet, D. (2011). The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2011(17), 924-928.

García, S., y Guerrero, M. (2006). Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, (35), 45-57.

Grime J. P. (1979). *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley y Sons, New York.

- Grime, J. P. (2001). Declining plant diversity: empty niches or functional shifts?. *Journal of Vegetation Science*, 13(4), 457-460.
- Grimm, N. B., Grove, J. M., Pickett, S. T. A. y Redman, C. L. (2000). Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems. *BioScience*, 50, 571-584.
- Hairston, N. G. (1989). *Ecological experiments: purpose, design and execution*. Cambridge University Press.
- Hernández, H.J. (2007). La situación del arbolado urbano de Santiago. *Revista Ambiente Forestal*, Volumen 2, No. 2
- Hernández, H.J. (2008). Vegetación urbana en Santiago de Chile. *Revista de Urbanismo*, N°18, F.A.U., U. de Chile, junio de 2008, I.S.S.N. 0717-5051.
- Hidalgo, R., y Borsdorf, A. (2009). El crecimiento urbano en Europa: conceptos, tendencias y marco comparativo para el área metropolitana de Santiago de Chile. *Estudios geográficos*, 70(266), 181-203.
- Hitchmough, J., y Dunnett, N. (2004). Introduction to naturalistic planting in urban landscapes. *The dynamic landscape: Design, ecology and management of naturalistic urban planting*, 1-22.
- Hoffmann, A. y Fuentes, E. (1988) Es necesario conservar. En: *Ecología del paisaje de Chile Central. Estudios sobre sus espacios montañosos*, pp. 105-121. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile
- Hoffmann, A. (1999). *El Arbolado Urbano en Chile*. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago de Chile.
- Hough, M. (2004). *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos*. Editorial Gustavo Gili
- Hubbard, W. (2008). Developing a Restoration Plan that Works in: Restoring the Urban Forest Ecosystem. Chapter 5 in *Restoring the urban forest ecosystem (IFAS)*, 1-22
- Ibarra, W. C. (1997). Enverdecimiento urbano en Chile. *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo, 231-251.
- Ignatieva, M., Meurk, C. D., y Newell, C. (2000). Urban biotopes: the typical and unique habitats of city environments and their natural analogues. In *Urban biodiversity and ecology as a basis for holistic planning and design: proceedings of a workshop held at Lincoln University* (pp. 46-53).
- Ignatieva, M. (2010). Design and future of urban biodiversity. *Urban biodiversity and design*, 118-144.

Ignatieva, M. (2011). Plant material for urban landscapes in the era of globalization: roots, challenges and innovative solutions. *Applied urban ecology: A global framework*, 139-151.

Ingels, J. (2009). *Landscaping principles and practices*. Cengage Learning editorial.

James, P., Tzoulas, K., Adams, M. D., Barber, A., Box, J., Breuste, J., ... y Thompson, C. W. (2009). Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2), 65-75.

Johnson, B. (2001). Toward a new classification of nonexperimental quantitative research. *Educational Researcher*, 30(2), 3-13.

Johnston, J. (1960). *Statistical cost analysis* (Vol. 5, No. 7). New York: McGraw-Hill.

Karlik, J. F., y Winer, A. M. (2001). Plant species composition, calculated leaf masses and estimated biogenic emissions of urban landscape types from a field survey in Phoenix, Arizona. *Landscape and Urban Planning*, 53(1), 123-134.

Kamvasinou, K. (2006). Vague parks: the politics of late twentieth-century urban landscapes. *Architectural Research Quarterly*, 10(3-4), 255-262.

Kendle, T., Rose, J. y Oikawa, J. (2007). Sustainable landscape management. *Landscape and Sustainability*, 196-221.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology* (Vol. 620). Menlo Park, California: Benjamin/Cummings.

Konijnendijk, C. C. (2005). New perspectives for urban forests: introducing wild woodlands. In *Wild Urban Woodlands* (pp. 33-45). Springer Berlin Heidelberg.

Kingsbury, N. (2004). Contemporary overview of naturalistic planting design. *The Dynamic Landscape: Design, Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting*, 58-96.

Kopp, K., Rupp, L., Johnson, P. G., Kjelgren, R. K., Rosenberg, D. E., y Kratsch, H. (2011). Value Landscape Engineering: identifying costs, water use, labor, and impacts to support landscape choice. *Journal of the American Water Resources Association*, 47(3), 635.

Kowarik, I. (2005). Wild urban woodlands: Towards a conceptual framework. In *Wild urban woodlands* (pp. 1-32). Springer Berlin Heidelberg.

Kowarik, I., Langer, A. Körner, S. (2005). Natur-Park Südgelände: Linking conservation and recreation in an abandoned railyard in Berlin. In *Wild urban woodlands* (pp. 287-299). Springer Berlin Heidelberg.

Krauel, J., George, W., y Noden, J. (2008). Urban spaces: new city parks. Links International.

Lehvavirta, S., y Rita, H. (2002). Natural regeneration of trees in urban woodlands. *Journal of vegetation Science*, 13(1), 57-66.

León, S. (1997). Avances y desafíos en la gestión sustentable del desarrollo urbano: lecciones del programa nacional de parques urbanos. *Boletín Mercado del Suelo Urbano Área Metropolitana de Santiago*, n.59 (1997: Primer Trimestre).

León, S. (2001). Avances y Desafíos en la Gestión Sustentable del Desarrollo Urbano: Lecciones del Programa Nacional de Parques Urbanos de Chile. *Revista Tranvía*, 14: 24-38

Lewis, C.A. (1996). *Green Nature, Human Nature. The Meaning of Plants in Our Lives*. Chicago: University of Illinois Press.

Lister, N. M. (2007). Sustainable large parks: Ecological design or designer ecology. *Large parks*, 35-57.

Lindenmayer, D. B., y Fischer, J. (2013). *Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis*. Island Press.

Lorca, A. (1989). El parque urbano como espacio multifuncional: origen, evolución y principales funciones. *Paralelo 37*, (13), 105-112.

Lovell, S. T., y Johnston, D. M. (2008). Creating multifunctional landscapes: how can the field of ecology inform the design of the landscape?. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(4), 212-220.

Löfvenhaft, K., Björn, C., y Ihse, M. (2002). Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 58(2), 223-240.

Luther, M. y Gruehn, D. (2001). Putting a price on urban green spaces. *Rev. Landscape Design*, 303:23-25.

Luz de la Maza, C., Hernández, J., Bown, H., Rodríguez, M., y Escobedo, F. (2002). Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem. *Arboricultural journal*, 26(4), 347-357.

Mazzotti, F. J., y Morgenstern, C. S. (1997). A scientific framework for managing urban natural areas. *Landscape and Urban Planning*, 38(3), 171-181.

MMA- Ministerio del Medio Ambiente- (2012). Informe del Estado del Medio Ambiente 2011. Santiago, Chile. Disponible online en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles52016_InformeEstadoMedioAmbiente_Completo_2011.pdf

Medina, J. G., y Gumper, J. (2004). YARDX: Yield And Reliability Demonstrated in Xeriscape: Final Report. Littleton, CO: Metro Water Conservation. Disponible online en http://coloradowaterwise.org/Resources/Documents/YARDX_Report.pdf

Mella, J., y Loutit, A. (2007). Ecología comunitaria y reproductiva de aves en cerros islas y parques de Santiago. Boletín Chileno de Ornitología (Chile), 13, 13-27.

Miller, J. (2006). Restoration, reconciliation, and reconnecting with nature nearby. Biology Conservation 127:356-361.

MINDS. (2014). Índice de prioridad social de comunas de Santiago 2014. Publicación oficial del Ministerio del Desarrollo Social. Santiago- Chile. Disponible online en: <http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/upload/%C3%8DNDICE%20DE%20PRIORIDAD%20SOCIAL%202014.pdf>

MININT. (2009). Índice de vulnerabilidad sociodelictual: la incidencia de los factores de riesgo social en el origen de las conductas delincuenciales. Publicación oficial del Ministerio del Interior. Santiago- Chile. Disponible online en: http://www.comunidadyprevencion.org/docs/vulnerabilidad_jaraya.pdf

MINVU. (2009). Espacios públicos. Recomendaciones para gestión de proyectos. Dirección de desarrollo Urbano. MINVU. Disponible online en: http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20070212170002yhdd_nom_arc_hivo=Es%20Publicos1.pdf

MINVU, (2011). Ponencia sobre el Programa de Parques Urbanos y la nueva propuesta de institucionalidad. Seminario de sustentabilidad y áreas verdes, Noviembre 2011, Facultad de economía y Negocios, Universidad de Chile, Santiago. Este documento se encuentra disponible en http://www.minvu.cl/opensite_det_20121205180142.aspx

MINVU. (2012 a). Catastro nacional de parques urbanos. Dirección de desarrollo Urbano. Reporte oficial MINVU, disponible online en: <http://2010-2014.gob.cl/media/2013/10/Catastro-Prensa-Minvu.pdf>

MINVU. (2012 b). Bases administrativas y técnicas de procesos de licitación de parques urbanos. Dirección de presupuestos. Decreto oficial MINVU, disponible online en: <http://www.mercadopublico.cl>

MINVU. (2012 c). Balance de Gestión Integral anual (BGI). Dirección de presupuestos Reporte oficial MINVU, disponible online en: http://www.dipres.gob.cl/595/articles-104053_doc_pdf.pdf

MINVU. (2013). Política Nacional de Desarrollo Urbano, ciudades sustentables y calidad de vida. Documento oficial disponible en: <http://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/03/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Desarrollo-Urbano-2013.pdf>

MINVU, (2014). Modelo de gestión parque metropolitano de Santiago (PMS). Presentación ministerial a cargo de Mauricio Fabry, director nacional PMS. En seminario Chile Área Verde: Equidad y Sustentabilidad en Parques y Plazas. Organizado por la Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos (Cehu) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), CEDEUS (centro de desarrollo urbano sustentable). Pontificia Universidad Católica de Chile, casa central, Santiago, Noviembre 2014.

Miyawaki, A. (1998). Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. *Ecological Engineering*, 11(1), 157-165.

Morehouse, B. J., Carter, R. H., y Tschakert, P. (2002). Sensitivity of urban water resources in Phoenix, Tucson, and Sierra Vista, Arizona, to severe drought. *Climate Research*, 21(3), 283-297.

Moughtin, C., y Shirley, P. (2005). Urban design: Green dimensions: *urban parks*. Routledge. pp. 77-92

Montgomery, M. R. (2008). The urban transformation of the developing world. *science*, 319(5864), 761-764.

Monroe, M. C., Vince, S. W., Duryea, M. L., Macie, E. A., y Hermansen, L. A. (2005). Tools to reach, educate, and involve citizens. *Forests at the wildland-urban interface*:

Moreira, A., y Cereceda, P. (2013). Diversidad y fragilidad del paisaje botánico de Chile mediterráneo. *Revista electrónica Chagual* 11(4-11).

Müller, N. (2010). Most frequently occurring vascular plants and the role of non-native species in urban areas—A comparison of selected cities of the old and new worlds. *Urban biodiversity and design*, 227-242.

Müller, N., y Werner, P. (2010). Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological diversity in towns and cities (pp. 3-33). John Wiley and Sons: Oxford, UK.

Musacchio, L. R. (2009). The scientific basis for the design of landscape sustainability: a conceptual framework for translational landscape research and practice of designed landscapes and the six Es of landscape sustainability. *Landscape Ecology*, 24(8), 993-1013

Musalem, M., y Sepúlveda, C. (2013). Experiencia de rehabilitación de áreas residuales con especies chilenas en la región de Coquimbo. *Revista electrónica Chagual* 11(4-11).

Nassauer, J. I. (1992). The appearance of ecological systems as a matter of policy. *Landscape Ecology*, 6(4), 239-250.

Newman M. y Jennings I. (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices* with Isabella Jennings, Washington, DC: Island Press

Niemelä, J., Saarela, S. R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S., y Kotze, D. J. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodiversity and Conservation*, 19(11), 3225-3243.

Novo, M. (2006). *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Madrid, España. UNESCO-Pearson

Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F., y Hassanli, A. M. (2013). A review of ET measurement techniques for estimating the water requirements of urban landscape vegetation. *Urban Water Journal*, 10(4), 247-259.

OCUC, (2009). *Evaluación de Factibilidad y Beneficios potenciales de la aplicación de un Sello de Eficiencia Hídrica en el país, dirigido principalmente a la aplicación en la mantención de áreas verdes privadas y gestión para la mantención de áreas verdes públicas*. Estudio encargado por la DGA y realizado por el Observatorio de Ciudades UC, disponible online en: <http://documentos.dga.cl/OTR5402.pdf>

Pellissier, V., Roze, F., y Clergeau, P. (2010). Constraints of Urbanization on Vegetation Dynamics in a Growing City: A Chronological Framework in Rennes (France). *Urban Biodiversity and Design*, (7), 206.

PMS -Parque metropolitano de Santiago-, (2012). *Balance de Gestión Integral anual 2012 Parque Metropolitano de Santiago*. Informe institucional oficial revisado 6- de junio 2014, disponible en: http://www.dipres.gob.cl/595/articles-88177_doc_pdf.pdf

Power, A. M. (2006). *Designing for ecology: the ecological park*. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology- USA. Available Online in: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/37863>

Pretty, J., Griffin, M., Sellens, M. y Pretty, C. (2003). Green Exercise: complementary roles of nature, exercise and diet in physical and emotional well-being and implications for public health policy. *CES Occasional Paper 2003-1*

PULSO, (2002). *Evaluación Programa Parques Urbanos*. Informe 3 Etapa propuesta. Chile, Santiago:, 2002. 35p.: il.

Rahnama, M. R. (2012). *Ecological Analysis of Urban Parks; Case Study: Mashhad Metropolitan*. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2.

Reyes, S. y Figueroa, I. M., (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*, 36: 89-110

Reyes, S., Ibarra, M., Miranda, M., Precht, A., y Salamanca, C. (2011). Institucionalidad para la creación, mantención y conservación de parques urbanos. Publicado en Propuestas para Chile 2011- capítulo v. Instituto de políticas públicas Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Reyes, S. (2012). Políticas de arborización pública y sustentabilidad urbana en Santiago de Chile: una vinculación pendiente. LINKS, 7, 08.

Rink, D., y Emmrich, R. (2005). Surrogate nature or wilderness? Social perceptions and notions of nature in an urban context. In Wild urban woodlands (pp. 67-80). Springer Berlin Heidelberg.

Rivas, C. (2005). Evaluación territorial de sitios eriazos definidos para la implementación de Parques Urbanos en el Gran Santiago. Seminario de titulación para obtener el título de Geógrafo – Facultad de arquitectura y urbanismo, Universidad de Chile, Santiago. Disponible en línea: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/rivas_c/sources/rivas_c.pdf

Roe, M. H., y Rowe, A. M. (2007). The community and the landscape professional. Landscape and sustainability 2 ed., pp 235-263.

Román, V. (2011). Los parques urbanos como espacios de innovación, desarrollo e integración. Tesis presentada para optar al grado de Magister en planificación ambiental y gestión urbana, en la facultad de arquitectura y urbanismo, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Romero, H., Irrarrázaval, F., Opazo, D., Salgado, M., y Smith, P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. EURE (Santiago), 36(109), 35-62.

Romero, H. y X., Toledo. (2000). Ecología urbana y sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias chilenas. Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas, 4: 45-52.

Romero H. y Vásquez A. (2005). Evaluación Ambiental de las Cuencas Urbanas del Piedemonte Andino de Santiago de Chile, Revista EURE de Estudios Urbanos Regionales, Pontificia Universidad Católica de Chile, 94: 97-118.

Romero, H., Vásquez, A., Fuentes, C., Salgado, M., Schmidt, A. y Banzhaf, E. (2012). Assessing urban environmental segregation (UES). The case of Santiago de Chile. Ecological Indicators 23, 76-87

Rosenberg, D. E., Kopp, K., Kratsch, H. A., Rupp, L., Johnson, P., y Kjelgren, R. (2011). Value Landscape Engineering: identifying costs, water use, labor, and impacts to support landscape choice. Journal of the American Water Resources Association, 47(3), 635-649.

Rottle, N. (2011). Basics Landscape Architecture 02: Ecological Design (Vol. 2). A&C Black.

Ruiz-Jaén, M. C., y Aide, T. M. (2006). An integrated approach for measuring urban forest restoration success. *Urban forestry y urban greening*, 4(2), 55-68.

Sabatini, F., y Brain, I. (2008). La segregación, los guetos y la integración social urbana: mitos y claves. *EURE (Santiago)*, 34(103), 5-26.

Salas-Zapata, W. A., Ríos-Osorio, L. A., y Castillo, Á. D. (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología austral*, 22(1), 74-79.

Salgado, M., Romero, H., Vásquez, A.E. y Fuentes, C. (2009). Segregación Socio-Ambiental en espacios urbanos. Estudio de caso en la comuna de Peñalolén. Cuadernos de Trabajo Volumen N°1 Subprograma Domeyko, Política, Pobreza y Exclusión Social, Universidad de Chile, Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Departamento de Investigación. 14-32

Sánchez, V. (2008). Atlas de arquitectura del paisaje. Barcelona: Loft. ISBN 978-84-92463-27-5.

Salvador, P.J. (2003). La planificación verde en las ciudades. Barcelona, España, Gustavo Gili Editorial

Schulze, C. (2012). Parque Experimental Canal el Carmen, Un enfoque de Maximización en el Aprovechamiento de los Recursos Ambientales en un Parque. Presentación I Seminario internacional parques urbanos: Repensando la ciudad. Organizado por PMS – MINVU, Santiago, Noviembre 2012.

Seto, K. C., y Shepherd, J. M. (2009). Global urban land-use trends and climate impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(1), 89-95.

Simonič, T. (2003). Preference and perceived naturalness in visual perception of naturalistic landscapes. *Zb Bioteh Fak Univ Ljublj Kmet*, 81, 369-387.

Simmons, D. (1998). Using natural settings for environmental education: Perceived benefits and barriers. *The Journal of Environmental Education*, 29(3), 23-31.

Steiner, F. R. (2012). *The living landscape: an ecological approach to landscape planning*. Island Press.

Soto, C. (2012). Vegetación en el Área Metropolitana de Santiago. Hacia un balance general en base a estadísticas oficiales. Documento de trabajo n°2 CEHU- MINVU. Disponible online en <http://2010-2014.gob.cl/media/2013/10/2012-10-25-DT-N%C2%BA2-Vegetaci%C3%B3n-urbana-f.pdf>

Su, M., Yang, Z., Chen, B., Liu, G., Zhang, Y., Zhang, L., y Zhao, Y. (2012). Urban ecosystem health assessment and its application in management: A multi-scale perspective.

Tilly, L. (1974). *Metropolis as ecosystem*. En: Charles Tilly, *An Urban World*. Little Brown, Boston-Toronto; 466-472.

Thompson, J. W., y Sorvig, K. (2007). *Sustainable landscape construction: a guide to green building outdoors*. Island Press.

Tredici, P. D. (2010). *Spontaneous urban vegetation: reflections of change in a globalized world*. *Nature and Culture*, 5(3), 299-315.

Trepl, L. (1995). *Towards a theory of urban biocoenoses*. In: Sukopp H, Numata M and Huber A(eds) *Urban Ecology as the Basis For Urban Planning*, pp 3±21. SPB Academic Publishing, The Hague

Tunker, J. (2009). *Transparency of ecological process in urban parks Barcelona, Spain*. Informe Universidad Estatal Nueva York (ESF), Departamento arquitectura del paisaje, disponible en línea en: http://www.esf.edu/la/studyabroad/ocp/OCP_2008-2009/documents/Tunkey_main_study_2009.pdf

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., y James, P. (2007). *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review*. *Landscape and urban planning*, 81(3), 167-178.

Valenzuela, L., y Vita, A. (2007). *Evaluación de un ensayo de riego y fertilización de quillay (Quillaja saponaria Mol.), en la Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Memoria Ing. Forestal. Santiago, Chile. 74 p

VanDerZanden, A. M., y Cook, T. W. (2010). *Sustainable Landscape Management: Design, Construction, and Maintenance*. John Wiley y Sons.

Vélez Restrepo, L. A. (2009). *Del parque urbano al parque sostenible: Bases conceptuales y analíticas para la evaluación de la sustentabilidad de parques urbanos*. *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 31-49.

Villalobos, C. (2011). *Sustentabilidad ambiental en el espacio abierto de proyectos de urbanización: nuevos estándares de diseño y recomendaciones para Santiago, caso: Ciudad Parque Bicentenario* (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile).

Wei-bang, S. U. N. (2003). *Importance of Indigenous Plants in their Application to the Modern Urban Landscape Architecture [J]*. *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 7, 017.

Werner, P., y Zahner, R. (2010). *Urban patterns and biological diversity: a review*. *Urban biodiversity and design*, (7), 145.

Williams, D. E. (2007). *Sustainable design: Ecology, architecture, and planning*. John Wiley y Sons.

Whitford, V., Ennos, A. R. y Handley, J. F. (2001). City form and natural process – indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 57 : 91-103

Zimmerman, A., Birgelen, A. V., y Knocke, M. (2011). *Constructing landscape: materials, techniques, structural components*. Birkhäuser, 2011

7 ANEXOS

7.1 Anexos Metodología

Tabla 59. Síntesis de los indicadores, variables, métricas y referencia de datos (tabla siguiente). Indicadores, valores referenciales y escala del índice de sustentabilidad, a continuación en la página siguiente.

| Indicadores | Variables | Métricas | Referencia datos |
|-------------------------|--|--|--|
| Flora nativa | Porcentaje de flora nativa | (n° total especies exóticas/ n° total de especies) *100 | MINVU, 2012b bases licitación |
| Flora Perennifolia | Porcentaje de flora perennifolia | (n° total especies perennes/ n° total de especies) *101 | MINVU, 2012b bases licitación |
| Conectividad ecológica | Cantidad de conexiones físicas ecológicas | N° de conexiones físicas entre parches y elementos naturales adyacentes al parque en un radio máximo de 2 cuadras | MINVU, 2012b bases licitación |
| Valor de habitat | Oportunidad de habitat | Valor de habitat = \sum % Vegetación nativa + % diversidad estructural (cubresuelos, sotobosque, arbustos y arboles e.g.)+ % cobertura vegetal refugio (Superficie de cobertura vegetal de refugio/ superficie total parque)*100 | MINVU, 2012b bases licitación |
| Cobertura vegetal | Porcentaje de cobertura vegetal | (Superficie vegetal (incluye césped)/ superficie total parque) *100 | MINVU, 2012b bases licitación |
| Razón de inversión | Coefficiente inversión - mantención | (\$ Gasto inversión inicial total/ \$ costo mantención anual) | MINVU, 2012b bases licitación |
| Mantención mensual | Mantención unitaria | (\$ Costo mantención/m ² /mes) | MINVU, 2012b bases licitación |
| Consumos básicos | Costo unitario agua y electricidad | (\$ gasto consumos básicos (agua y electricidad)/m ² /mes) | MINVU, 2012b bases licitación |
| Gestión de residuos | Grado de manejo de residuos | Escala cualitativa de 0 a 3 considerando las gestiones de referencia (desde el manejo de residuos simbólicos hasta la revalorización monetaria) | MINVU, 2012b bases licitación |
| Eficiencia energética | Grado de planes de eficiencia energética (hídrica y eléctrica) | Escala cualitativa de 0 a 3 considerando las gestiones referenciales para la eficiencia hídrica y eléctrica | MINVU, 2012b bases licitación |
| Tasa de visitas | Cantidad de visitantes | Promedio numero de visitas mensuales totales en el año 2002 | PULSO, 2002 entrevistas |
| Actividades | Cantidad actividades | Promedio de actividades anuales | MINVU, 2012c Balance gestión |
| Seguridad | Porcentaje de percepción de seguridad usuarios | (n° de usuarios que se siente seguro en el parque/ n° total de usuarios consultados)*100 en el año 2002 | PULSO, 2002 entrevistas |
| Participación ciudadana | Grado de participación ciudadana | Escala cualitativa de 0 a 3 considerando las actividades y el grado de participación ciudadana del parque. | PULSO, 2002 entrevistas y MINVU, 2012c |
| Educación Ambiental | Grado de educación ambiental | Escala cualitativa de 0 a 3 considerando las actividades y los planes de educación ambiental en el parque | MINVU, 2012c Balance gestión |

| DIMENSION | INDICADOR | RELEVANCIA | VARIABLE | ESCALA DE SUSTENTABILIDAD | | | |
|-----------|-------------------------------------|---|--|--------------------------------|--|---|---|
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| ECOLOGICA | Flora nativa Cuantitativo | La flora nativa favorece la biodiversidad local, ecológicamente se encuentra mejor adaptada que la flora exótica (Dell, 2009; Houjiri, 2004) | % Flora nativa / Flora total | 0-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% |
| | Flora Perennifolia Cuantitativo | A mayor cobertura de flora perennifolia mayor la limpieza del aire (Escobedo y Gal, 2006; Falcon, 2007) | % Flora perenne / Flora total | 0-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% |
| | Conectividad Ecológica Cuantitativo | Se define por la capacidad de mantener los flujos ecológicos y las conexiones entre los distintos espacios o elementos de la red (Marsh, 2005; Salvador, 2009) | N° de conexiones (líneas entre parches adyacentes) | 0 C | 1 C | 2 C | >3 C |
| | Valor de hábitat Cuantitativo | Potencial de la flora de un parque urbano de servir de soporte físico y biológico para permitir la presencia de biodiversidad, este indicador depende de la composición y estructura del parque (Forsyth & Mueschko, 2005; Thompson & Sorvig, 2007) | Valor de hábitat = \sum
% Cobertura vegetal total +
% Vegetación nativa +
% diversidad estructural +
% cobertura vegetal refugio | <20%
<20%
0-25%
*A, P | 21-45%
21-45%
26-50%
A, P, C, U | 46-65%
46-65%
51-75%
A, A, P, C, U | > 66%
> 66%
76-100%
A, A, P, C, U, E |
| | Cobertura vegetal Cuantitativo | La cantidad de superficie vegetal se encuentra asociada directamente a la provisión de los servicios ecosistémicos de la flora (Falcon, 2007; Power, 2009) | % Cobertura vegetal total | <20% | 21-45% | 46-65% | > 66% |
| | Razon de inversión Cuantitativo | La razón entre el costo de inversión total y la mantención anual da cuenta de la eficiencia del mantenimiento (MINVU, 2012) | \$ Inversión inicial total / \$ Mantención anual | >50% | 49-25% | 25-10% | <10% |
| | Mantención mensual Cuantitativo | El costo de mantención por unidad de superficie da cuenta de la eficiencia del mantenimiento y permite compararlo entre parques (MINVU, 2012) | \$ Mantención/m ² /mes | >350 | 349-200 | 199-100 | <99 |
| | Consumos básicos Cuantitativo | Se incluyen los gastos en electricidad, agua y telefonía (MINVU, 2012) | \$ Consumos básicos/m ² /mes | >50 | 49-20 | 19-10 | <10 |
| | Manejo de residuos Cuantitativo | Un plan de manejo de residuos sustentable debe incorporar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos (Forsyth & Mueschko, 2005) | Manejo de residuos sustentables (kg/\$/mes) | **
\$ P, M | R, S, G | R, A, C | M, S, R |
| | Eficiencia energética Cuantitativo | La eficiencia energética implica el uso racional y óptimo del recurso agua y electricidad, considerando las implicaciones del cambio climático debería promoverse un diseño bioclimático que optimice el uso de estos recursos y propenda al uso de fuentes alternativas de energías renovables (Forsyth & Mueschko, 2005; Dell, 2009; Power, 2006) | Plan de manejo hídrico
Evalúa cualitativamente 3 aspectos: tipo de riego, origen del agua y diseño del parque.
<i>Plan de eficiencia eléctrica</i>
Evalúa cualitativamente la fuente de energía, el tipo de luminarias y bombas y la educación ambiental. | ***
A1, R1, D1 | A2, R2, D2 | A3, R3, D3 | A4, R4, D3 |
| | | | ****
E1 | E2 | E3 | E4 | |

| Tasa de vistas Cuantitativo | Da cuenta de la importancia del parque para los usuarios, en relación a la población beneficiaria y el grado de uso del parque (Power, 2005) | Promedio de vistas mensuales totales | <5000 | 5001-10000 | 10001-20000 | >20001 |
|--|---|--|-----------------|------------|-------------|----------|
| Actividades desarrolladas Cuantitativo | El número de actividades culturales realizadas dan cuenta del espectro de participación de los usuarios. (MINVU, 2012; Vélez, 2009; Power, 2005) | Promedio de actividades anuales | <50 | 51-100 | 101-250 | >251 |
| Seguridad Cualitativo | La percepción de seguridad es una variable importante que incide en el atractivo de un espacio público, indica el grado en que las personas se sienten confiadas y protegidas en un parque (Forsyth & Musacchio, 2005). | Porcentaje percepción de seguridad usuarios | <20% | 21-41 | 42-65 | >66 |
| Participación ciudadana Cualitativo | Los habitantes de las comunidad deben influir en torno a las decisiones de diseño y mantenimiento del parque (Forsyth & Musacchio, 2005; Vélez, 2009) | Grado de participación ciudadana, empoderamiento | *****
S.P. | IS | IS + E.C. | IS+EC+MC |
| Educación Ambiental Cualitativo | La educación ambiental se considera como uno de los principales instrumentos de gestión para la conformación de un capital social empoderado con la Sostenibilidad (Forsyth & Musacchio, 2005) | Grado de incorporación de la educación ambiental a la gestión del parque | *****
S.E.A. | AS | AS+VGC | PEA |

Tabla 7. Descripción de los indicadores, justificación, variables empleadas y calibración de la escala de sostenibilidad (Fuente: Elaboración propia en base a Vélez, 2009; Power, 2006)

Notas: * Para definir diversidad estructural: A+P= Árboles y pradera, A+P+Cu= Árboles, praderas y cubresuelos (enredaderas); A+Ar+P+Cu= Árboles, arbustos, praderas y cubresuelos; A+Ar+P+Cu+E= Árboles, arbustos, praderas, cubresuelos y zonas ecológicas funcionales (parches con sobobosque; diseño de biotopos; laderas, riberas, wetlands, áreas de manejo sucesionales).

** Definiciones del manejo de residuos: S.P.M= Sin plan de manejo; R,S,C = Reciclaje simbólico no acoplado a un sistema de reciclaje, elaboración de compost; R.A.C.= Reciclaje acoplado a un sistema de reciclaje, elaboración de compost; M,S,R= Manejo sostenible de residuos (revalorización económica).

*** Definiciones del Plan de Manejo hídrico: A1,R1,D1= Fuente de agua potable (MAP), riego manual con mangueras y diseño tradicional no sustentable (grandes praderas de césped y árboles de elevado consumo hídrico) A2,R2,D2= Fuente de agua de pozo y MAP, riego tecnificado con aspersores, diseño poco sustentable; A3,R3,D3= Agua de pozo y aguas lluvias, riego por goteo, diseño sustentable bioclimático (especies xéricas) A4,R4,D3= Agua de pozo en menor medida, aguas lluvias y wetlands aguas grises, riego por goteo automatizado y programado y diseño sustentable bioclimático.

**** Definiciones de eficiencia eléctrica: E1= Fuente de origen red eléctrica, luminarias y sistema eléctrico poco eficiente; E2= Fuente de origen red eléctrica y energía solar, luminarias LED y sistema eléctrico eficiente energéticamente; E3= Fuente de origen energías renovables (solar, eólica, mecánica) con mínima conexión a la red; Luminarias y sistema eléctrico ecoeficiente; E4= Balance energético de cero emisiones, energías renovables y sistema eléctrico sustentable.

***** Definiciones en participación ciudadana: S.P.= Sin iniciativas de participación; I.S.= Infraestructura para organizaciones sociales; I.S+E.C.= Infraestructura para organizaciones sociales y Evaluación comunitaria del mantenimiento y aspecto del parque; I.S+ E.C+ M.C.= Infraestructura para organizaciones sociales, evaluación comunitaria del mantenimiento y aspecto del parque; Mantenimiento comunitario mediante jornadas de limpieza, ley de F.U.C, etc.

***** Definiciones en educación ambiental: S.E.A.= Sin educación ambiental; A.S.= Actividades ocasionales y señaléticas; A.S.+ VGC= Actividades, señalética y vistas guiadas a la comunidad (colegios, organizaciones sociales, etc.); PEA= Programa de educación ambiental que integra a la comunidad en torno a objetivos y metas del desarrollo sustentable local, en torno al parque y al vecindario.

7.2 Anexos Resultados

Tabla 60 Descripción detallada de las labores de mantenimiento realizadas en los parques del PPU (Fuente: Elaboración propia en base a MINVU, 2012).

| Labor | Componentes | Requerimientos de calidad de la labor de
mantención | Frecuencia |
|--|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Binazón y aireación | Suelo | El suelo deber permanecer permanente limpio de elementos orgánicos e inorgánicos y debe estar blando a una determinada profundidad según especie | Permanente/ITO |
| Compostaje | Suelo | Con los residuos vegetales remanentes de las limpiezas, podas, cortes y orillados se realizarán pilas de compost en una zona específica del parque | Permanente |
| Corte y orillado | Césped | El césped deberá presentarse siempre en buen estado sanitario y vigoroso con buen desarrollo, color y densidad. El corte debe ser parejo, alineado y deberá estar permanentemente corto según especies. El orillado es inmediatamente posterior al corte en caminos, árboles, cercos y solerillas | Permanente/
Contratista |
| Reposición | Césped | El césped dañado o envejecido deberá ser repuesto con carpetas de césped homogéneo, denso, parejo y sin ondulaciones | Permanente
/ITO |
| Manejo de cubresuelos, flores y enredaderas | Cubresuelos, flores y enredaderas | Las especies deben mantener un buen estado físico, vigorosas y en el caso de plantas de temporada, éstas deberán estar en botón o floración inicial abierta hasta un 50%, bien desarrolladas y libres de enfermedades o insectos y cubriendo al 100% de la plantación. Las densidades son las especificadas en el diseño. | Permanente/
Contratista |
| Manejo Pradera natural | Pradera natural | La pradera deberá mantenerse corta a una altura determinada, limpia de residuos y delineada según el diseño | Permanente
(mensual) |
| Manejo árboles y arbustos | Árboles y arbustos | Deberán mantenerse en buen estado físico, es decir, vigorosos, con un buen desarrollo, sin presencia de plagas o síntomas de enfermedades y libres de elementos extraños y/o muertos. Las tasas deben conservar siempre el nivel del terreno, para lo cual serán rellenadas permanentemente con compost | Permanente |
| Selección y reposición de especies | Árboles y arbustos | Serán de la misma especie y variedad, deberán ser de buena calidad, robustos y un buen desarrollo armónico, en proporción al nivel de crecimiento y variedades de otras especies del parque. Troncos bien formados sin heridas, estado fitosanitario excelente y un sistema radicular bien conformado. | Ocasional/ITO |
| Plantación | Árboles y arbustos | Aplicación de fungicidas e insecticidas en el suelo, análisis fisicoquímico del suelo para rellenar con compost y aplicar niveles de fertilizantes, además provisión de tutores durante el desarrollo inicial. | Ocasional/ITO |
| Extracción de vegetales secos | Árboles y arbustos | Se deberán extraer aquellos ejemplares secos, quebrados, enfermos o parcialmente enfermos que presente un 50% o más de su estructura seca, y aquellos ejemplares derribados por impactos que no tengan recuperación. | Ocasional/ITO |
| Podas de mantención | Árboles y arbustos | Poda de limpieza de ramas secas y dañadas permanentemente, de formación en los casos que sean necesarios, eliminación de ramas mal dirigidas que | Estacional,
Ocasional /ITO |

| Labor | Componentes | Requerimientos de calidad de la labor de
mantención | Frecuencia |
|----------------------------------|---------------------|--|---|
| Fertilización | Vegetal | alteren la estructura arbórea o sean una amenaza para la infraestructura o por exceso de follaje presenten un riesgo de caer. Podas específicas para eliminar quintal
Se aplicará a todas las especies vegetales según requerimientos de especies y análisis del suelo, las especificaciones vienen dadas por valores de referencia. | Estacional |
| Control de plagas | Vegetal | Las especies vegetales deben mantenerse libres de insectos, enfermedades, virus, o cualquier otro organismo patógeno que afecte u desarrollo. Cuando se detecten estas plagas en vegetales, suelo o infraestructura deberán aplicarse pesticidas y fungicidas de baja toxicidad, biodegradables y con largo efecto residual. | Ocasional/
Semestral |
| Control de malezas | Vegetal | Se deben realizar controles manuales y/o químicos en cuanto se detecte su presencia, tanto en las zonas vegetales como en caminos e infraestructura | Permanente |
| Riego | Vegetal | El riego se realizará en forma periódico y empleando toda la infraestructura disponible para ello, y en caso de no ser suficiente el contratista deberá complementar con otros medios. La cantidad de agua y frecuencia será acorde según la especie, aplicándose en la zona de las raíces, en el horario adecuado y con mínima pérdida de agua | Permanente
(diario verano y primavera) |
| Manejo de zonas naturales | Lagunas | Las lagunas se mantendrán limpias sin residuos sólidos en sus aguas superficiales, los filtros limpios y una vez al año se drenaran para limpiar los sedimentos acumulados. | Permanente/
Ocasionales |
| | Zonas forestales | Las zonas forestales se mantendrán con riego permanente, libres de malezas para evitar la competencia, además se extraerá la materia seca para evitar incendios y los senderos se mantendrán bien delimitados. | Permanente/
Ocasionales |
| Manejo de pavimentos | Superficies duras | Los pavimentos duros que constituyan caminos, senderos, zonas de estar y otras áreas deberán ser repuestos en la medida de su destrucción o deterioro por uso. | Ocasionales |
| | Superficies blandas | Los pavimentos blandos deberán estar permanente aseados, libres de maleza y en buen estado, conservando el espesor. La reposición total será una vez al año. | Permanente/
Ocasionales |
| Aseo y limpieza | Todo el parque | Se considera un aspecto prioritario en la presentación y estética del parque, por lo que se requiera una limpieza diaria y permanente desde la iniciación de la jornada laboral, para continuar con el aseo ocasional el resto del día. Se deberán eliminar todo residuo orgánico o inorgánico que genere contaminación o desmejoramiento visual. Hay 3 zonas de depósito de desechos los orgánicos que incluye el área de compost, los inorgánicos sólidos que serán retirados periódicamente y las zonas de reciclaje de desechos inorgánicos. Los pavimentos deberán ser lavados periódicamente con detergentes especiales según el grado de intensidad de uso. | Permanente
(diario) |

| Labor | Componentes | Requerimientos de calidad de la labor de
mantención | Frecuencia |
|--------------------------|---|---|---|
| Mantención | Mobiliario | La conservación del mobiliario incluye la permanente limpieza, mantención, pintura de rayados (grafitis), reparación y reposición de elementos como: rejas, juegos infantiles, jardineras, bancas, mesones de picnic, bebederos, maquinas deportivas, luminarias, etc. estos elementos deberán ser repuestos inmediatamente por elementos de similares características en caso de deterioro grave u hurto, en caso contrario si es posible la reparación deberá efectuarse, además anualmente deben ser pintados completamente. | Permanente (limpieza y borrado de grafitis) / Estacional (pintura una vez al año) / Ocasional (Reposición y/o reparación) |
| | Infraestructura | La infraestructura tiene que ver con la conservación de muros, cámaras de servicios sanitarios y eléctricos, casetas de bombeo, estanques decantadores de agua, instalaciones de bodega, oficinas y servicios sanitarios, etc. estos elementos deben permanecer limpios y operativos, siendo pintados completamente de forma anual. | |
| Informes y monitoreo | Suelo, Vegetal e infraestructura sistema de riego – eléctrico | Se realizarán análisis periódicos para determinar las condiciones fisicoquímicas del suelo y poder planificar mejor las labores de fertilización y manejo; además del estado fitosanitario del componente vegetal; también se deberán realizar análisis por empresas especializadas del sistema de riego y eléctrico diagnosticando el funcionamiento y sus posibles problemáticas. El monitoreo es un informe que sintetiza la información del mantenimiento in situ, realizando observaciones, seguimientos periódicos y recomendaciones a las actuales condiciones del parque con miras a lograr un mejor uso de él, <u>haciéndolo más sustentable</u> , identificando y evaluando los elementos que lo conforman en toda su dimensión. Para llevar a cabo esto los profesionales deben conocer en detalle el proyecto y su planimetría, para proponer las mejoras correspondientes a la modificación de los actuales sistemas que componen el parque. | Estacional (Una vez al año) |
| Mantenciones específicas | Sistema riego - eléctrico | El contratista deberá mantener el sistema de riego en buen estado y funcionando permanentemente, deberá velar por la seguridad, mantención, reparación y reposición en el caso que fuese necesario. El caudal y la presión deberán mantenerse operativos y constantes, eliminando todo elemento residual en cañerías, válvulas, etc. Se deberán realizar mediciones especializadas, por una empresa externa al menos una vez al año, para determinar la eficiencia del sistema de riego y, asimismo, se deberá realizar una limpieza completa del sistema. Para el sistema eléctrico, se deberá mantener la iluminación total durante las horas de oscuridad, especialmente de noche, y las mismas exigencias de mantenimiento del sistema de riego se aplican, especialmente en la mantención de las luminarias, que deberán reemplazar las ampollitas periódicamente. | Permanente (funcionamiento diario) / Ocasional (limpieza y revisión exhaustiva) |
| Reposición general | Mobiliario e infraestructura | Elementos dañados o hurtados, deberán ser repuestos a la brevedad, según las especificaciones del diseño, | Ocasional |

| Labor | Componentes | Requerimientos de calidad de la labor de
mantención | Frecuencia |
|-------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|
| Seguridad | Instalaciones del parque y usuarios | conservando la calidad del mobiliario e infraestructura. La empresa debe hacerse cargo de la seguridad contratando guardias debidamente calificados (Curso OS 10). Esta labor es permanente durante el día y la noche, la dotación de personal será asignada según el parque, turnos y eventos. Se deberán establecer los procedimientos en un protocolo de vigilancia, en conjunto con el equipo necesario. La función es velar por la seguridad de los bienes del parque, usuarios y trabajadores del parque. Asimismo deberán evitar todo daño o desmán que afecte la tranquilidad y la integridad física de los visitantes. | Permanente (diario) |
| Consumos básicos | Todo el Parque | El contratista debe velar por el correcto suministro de agua, electricidad y red telefónica (uso del personal) en las instalaciones del parque | Permanente |

Tabla 61 Matriz de datos de las variables de gestión y generales; socioeconómicas de la comuna de emplazamiento; de diseño general- arquitectónico y del componente vegetal; ecológico y económico (costos de mantención) de los 15 parques del PPU analizados (Fuente: Elaboración propia). Notas: * La tipología UR corresponde a urbano y PU a periurbano;** Origen del suelo: VER corresponde a vertederos y rellenos sanitarios, UR a urbano y PU a periurbano ;*** Fuente de riego: PM corresponde a riego de pozo y MAP (agua potable), CM corresponde a Canal y MAP y MA corresponde exclusivamente a Agua Potable (MAP);**** Sistema de riego: SET corresponde a un sistema semi tecnificado que incluye zonas de riego manual y automático y TEC a un sistema de riego automático basado en riego por goteo y aspersores. Ver en página siguiente.

| | AJ | BL | BÍ | LB | CÑ | LC | LV | MA | QM | VP | PÑ | CB | CC | MH | MP |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Variables de gestión y generales | | | | | | | | | | | | | | | |
| N de jardineros | 26 | 14 | 23 | 21 | 7 | 19 | 5 | 14 | 13 | 9 | 12 | 15 | 19 | 21 | 21 |
| N de guardias | 7 | 4 | 14 | 10 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 8 | 8 |
| N de trabajadores totales | 33 | 18 | 37 | 31 | 14 | 26 | 9 | 18 | 17 | 13 | 17 | 21 | 25 | 29 | 29 |
| Mano de obra (jardinería*(mil m ²) ⁻¹) | 4,2 | 5,1 | 1,7 | 4,4 | 5,4 | 3,7 | 1,7 | 4,1 | 3,5 | 2,8 | 6,7 | 11,5 | 14,2 | 5,0 | 6,1 |
| Año de construcción | 1996 | 1996 | 2011 | 1993 | 1998 | 1995 | 1993 | 1995 | 1997 | 1994 | 2009 | 2006 | 2006 | 2000 | 1996 |
| Comuna | PA | EC | RE | SR | PA | SJ | RN | LP | LF | LE | PÑ | RE | SB | RE | CN |
| Variables socioeconómicas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tasa delictual (mil casos *100 mil hab. ⁻¹) | 3,4 | 7,7 | 6,3 | 4,0 | 2,3 | 3,2 | 3,1 | 2,2 | 4,4 | 2,7 | 2,4 | 6,3 | 3,3 | 6,3 | 2,1 |
| Percepción inseguridad comunal (%) | 50,5 | 55,6 | 58,8 | 55,2 | 60,2 | 58,4 | 62,4 | 55,5 | 46,3 | 52,9 | 37,0 | 58,8 | 64,3 | 58,8 | 75,5 |
| Percepción inseguridad a. verdes (%) | 21,5 | 16,7 | 10,1 | 19,4 | 9,6 | 22,0 | 35,1 | 17,8 | 15,1 | 27,2 | 30,0 | 10,1 | 25,6 | 10,1 | 23,7 |
| Tasa de Pobreza comunal (%) | 12,3 | 17,6 | 11,5 | 1,7 | 0,15 | 26,9 | 20,7 | 15,2 | 9,2 | 21,9 | 13,8 | 11,5 | 18,8 | 11,5 | 14,6 |
| Índice de Prioridad Social | 59,5 | 60,4 | 61,9 | 69,8 | 57,8 | 70,9 | 71,5 | 71,5 | 48,6 | 72,4 | 54,7 | 61,9 | 63,6 | 61,9 | 68,9 |
| Densidad Poblacional (miles/hab*(km ²) ⁻¹) | 10,0 | 8,2 | 8,0 | 13,3 | 7,8 | 8,4 | 5,5 | 6,6 | 5,6 | 14,2 | 4,5 | 8,0 | 1,9 | 8,0 | 12,4 |
| Promedio años de escolaridad | 9,4 | 10,3 | 9,9 | 9,1 | 10,5 | 10,4 | 9,4 | 8,3 | 11,2 | 9,4 | 9,6 | 9,9 | 9,4 | 9,9 | 8,6 |
| Índice vulnerabilidad social-delictual | 88,4 | 82,6 | 86,2 | 84,5 | 80,0 | 81,8 | 88,6 | 98,8 | 77,7 | 88,3 | 79,4 | 86,2 | 88,9 | 86,2 | 95,4 |
| Variables de diseño | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Generales y obras civiles</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipología urbana * | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR | UR |
| Superficie Total (ha) | 10,9 | 7,2 | 3,9 | 9,2 | 3,8 | 7,0 | 1,4 | 5,7 | 4,6 | 2,5 | 8,0 | 17,3 | 27,0 | 10,6 | 12,9 |
| Superficie pavimentos duros (m ²) | 713 | 1025 | 1091 | 500 | 1582 | 1360 | 614 | 4156 | 1800 | 690 | 5200 | 1829 | 2375 | 855 | 0 |
| Superficie pavimentos blandos (ha) | 3,4 | 1,0 | 0,6 | 5,1 | 0,3 | 1,0 | 0,4 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | 1,7 | 0,2 | 1,6 | 0,2 | 0,2 |
| Superficie pavimentos total (ha) | 3,4 | 1,1 | 0,7 | 5,2 | 0,4 | 1,2 | 0,5 | 1,5 | 1,3 | 0,7 | 2,2 | 0,4 | 1,9 | 0,3 | 0,2 |
| Superficie Infraestructura (m ²) | 605 | 500 | 2575 | 1680 | 500 | 1700 | 1840 | 1900 | 1800 | 1500 | 1680 | 2200 | 1900 | 1600 | 1500 |
| Superficie edificaciones (m ²) | 101 | 500 | 645 | 220 | 180 | 65 | 35 | 380 | 94 | 70 | 125 | 60 | 200 | 250 | 140 |
| % pavimentos/superficie total | 31,6 | 15,5 | 18,3 | 56,3 | 10,2 | 16,8 | 33,2 | 26,5 | 28,5 | 26,8 | 27,2 | 2,3 | 7,0 | 2,6 | 1,5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-----|
| % infraestructura-edificaciones / total | 0,7 | 1,4 | 8,3 | 2,1 | 1,8 | 2,5 | 13,4 | 4,0 | 4,1 | 6,3 | 2,3 | 1,3 | 0,8 | 1,8 | 1,3 | |
| Razón pavimentos/coertura vegetal | 0,6 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | |
| Total de unidades Mobiliario urbano | 202 | 200 | 344 | 280 | 80 | 279 | 40 | 80 | 50 | 95 | 73 | 60 | 190 | 69 | 251 | |
| Total de unidades Juegos infantiles | 45 | 23 | 245 | 29 | 6 | 41 | 13 | 12 | 10 | 19 | 23 | 13 | 12 | 26 | 22 | |
| Total de unidades mobiliario total | 261 | 223 | 589 | 324 | 86 | 320 | 53 | 92 | 66 | 121 | 96 | 73 | 202 | 95 | 273 | |
| Densidad de mobiliario total (ha) ⁻¹ | 23,9 | 31,0 | 151,0 | 35,2 | 22,6 | 45,7 | 37,9 | 16,1 | 14,3 | 48,4 | 12,0 | 4,2 | 7,5 | 9,0 | 21,2 | |
| <i>Componente vegetal</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Origen del suelo** | VER | UR | PU | UR | VER | VER | UR | VER | VER | UR | UR | UR | PU | PU | PU | PU |
| Fuente de riego*** | PM | PM | CM | PM | MA | PM | MA | MA | MA | MA | MA | MA | CM | CM | CM | PM |
| Sistema de riego**** | SET | SET | TEC | SET | TEC | SET | SET | SET | SET | SET | SET | TEC | TEC | TEC | TEC | TEC |
| Promedio de riego diario (m ³) | 254,7 | 115,9 | - | 213,3 | 22,4 | 13,4 | 52,0 | 305,0 | 116,2 | 62,4 | - | 133,3 | - | 79,7 | 102,5 | |
| Superficie de césped (miles m ²) | 73,6 | 32,9 | 0,5 | 39,8 | 0,5 | 50,3 | 6,9 | 24,3 | 9,5 | 12,2 | 12,5 | 8,2 | 25,7 | 3,7 | 15,8 | |
| % Césped | 67,1 | 45,4 | 1,2 | 43,7 | 1,3 | 71,4 | 49,2 | 42,3 | 20,7 | 48,7 | 15,7 | 4,7 | 9,5 | 3,5 | 12,2 | |
| Superficie Pradera natural (miles m ²) | 0 | 6,3 | 6,5 | 0 | 15,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,0 | 5,5 | 35,2 | 34,8 | 48,8 | |
| Porcentaje pradera natural | 0 | 8,7 | 16,9 | 0 | 40,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,6 | 3,2 | 13,0 | 32,9 | 37,7 | |
| Porcentaje césped y pradera natural | 67,1 | 54,2 | 18,1 | 43,7 | 42,1 | 71,4 | 49,2 | 42,3 | 20,7 | 48,7 | 23,2 | 7,9 | 22,5 | 36,4 | 49,9 | |
| Superficie mantención intensiva (ha) | 10,9 | 3 | 2,6 | 8,5 | 3,8 | 7 | 0,9 | 5,7 | 0,5 | 0,8 | 7,4 | 2 | 8 | 10,6 | 8,9 | |
| % mantención intensiva | 100,0 | 41,7 | 66,7 | 92,4 | 100,0 | 100,0 | 64,3 | 100,0 | 10,9 | 32,0 | 92,5 | 11,6 | 29,6 | 100,0 | 69,0 | |
| Mano de obra inte. (jardínero*(mil m ²) ⁻¹) | 4,2 | 2,1 | 1,1 | 4,0 | 5,4 | 3,7 | 1,8 | 4,1 | 0,4 | 0,9 | 6,2 | 1,3 | 4,2 | 5,0 | 4,2 | |
| Superficie áreas verdes (ha suelo) | 7,4 | 3,9 | 1,4 | 4,0 | 1,6 | 5,0 | 0,7 | 2,4 | 1,0 | 1,2 | 1,9 | 1,4 | 6,1 | 3,9 | 6,5 | |
| Total unidades árboles y arbustos | 1340 | 1855 | 3184 | 2211 | 641 | 1380 | 390 | 1829 | 1117 | 1327 | 4263 | 2573 | 957 | 1549 | 3001 | |
| Superficie cubresuelos (m ²) | 20 | 92 | 7100 | 18 | 96 | 187 | 571 | 111 | 120 | 230 | 375 | 76 | 12 | 113 | 197 | |
| % Cubresuelos / superficie total | 0,02 | 0,13 | 18,21 | 0,02 | 0,25 | 0,27 | 4,08 | 0,19 | 0,26 | 0,92 | 0,47 | 0,04 | 0,00 | 0,11 | 0,15 | |
| Variables ecológicas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Arbustivo nativo /Arbustivo total | 17,9 | 14,8 | 35,6 | 5,8 | 42,0 | 23,8 | 7,4 | 6,0 | 39,4 | 15,7 | 45,2 | 45,6 | 44,7 | 33,8 | 23,4 | |
| %Arbustivo exótico /Arbustivo total | 82,1 | 85,2 | 64,4 | 94,2 | 58,0 | 76,2 | 92,6 | 94,0 | 60,6 | 84,3 | 54,8 | 54,4 | 55,3 | 66,2 | 76,6 | |
| % Total flora exótica | 83 | 86 | 62 | 95 | 56 | 78 | 91 | 95 | 63 | 85 | 57 | 54 | 56 | 67 | 77 | |
| % Total flora nativa | 17 | 14 | 38 | 5 | 44 | 22 | 9 | 5 | 37 | 15 | 43 | 46 | 44 | 33 | 23 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Densidad arbustiva total (ha) ⁻¹ | 123 | 258 | 816 | 240 | 169 | 197 | 279 | 321 | 243 | 531 | 533 | 149 | 35 | 146 | 233 |
| Adecuación biológica | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| % Cobertura vegetal total | 57,8 | 73,2 | 63,4 | 40,6 | 78,0 | 70,7 | 43,5 | 59,5 | 57,4 | 57,0 | 60,5 | 86,4 | 82,3 | 85,6 | 87,2 |
| % Flora caducifolia | 58 | 40 | 59 | 74 | 61 | 46 | 32 | 61 | 34 | 52 | 36 | 33 | 28 | 37 | 55 |
| % Flora perennifolia | 42 | 61 | 41 | 27 | 39 | 54 | 69 | 39 | 67 | 48 | 64 | 67 | 72 | 63 | 45 |
| Requerimiento hídrico | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Índice de Diversidad (H) | 2,89 | 3,13 | 1,48 | 3,02 | 1,45 | 3 | 2,72 | 2,72 | 2,44 | 2,87 | 2,93 | 2,45 | 2,28 | 2,71 | 2,53 |
| Índice de Equidad (E) | 0,79 | 0,84 | 0,71 | 0,99 | 0,51 | 0,91 | 0,83 | 0,87 | 0,8 | 0,79 | 0,89 | 0,62 | 0,66 | 0,72 | 0,66 |
| Índice de Riqueza (S) | 38 | 42 | 8 | 21 | 17 | 27 | 27 | 23 | 21 | 38 | 27 | 52 | 32 | 44 | 46 |
| Variables económicas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción (M (millones \$)) | 617 | 372 | 4675 | 572 | 821 | 669 | 120 | 446 | 321 | 235 | 1470 | 710 | 1267 | 620 | 554 |
| Construcción unitaria (miles \$(m ²) ⁻¹) | 5,7 | 5,2 | 119,9 | 6,2 | 21,6 | 9,6 | 8,6 | 7,8 | 7,0 | 9,4 | 18,4 | 4,1 | 4,7 | 5,8 | 4,3 |
| Mantenimiento total mensual (M\$) | 24,8 | 13,0 | 24,5 | 29,5 | 11,9 | 16,8 | 18,9 | 17,1 | 16,8 | 14,5 | 19,4 | 15,7 | 22,6 | 15,2 | 17,5 |
| Mantenimiento unitario (\$mes (m ²) ⁻¹) | 227 | 181 | 627 | 320 | 312 | 240 | 700 | 302 | 366 | 581 | 242 | 91 | 84 | 143 | 135 |
| Mantenimiento intensiva (\$mes (m ²) ⁻¹) | 227 | 434 | 941 | 347 | 312 | 240 | 2095 | 302 | 3369 | 1815 | 262 | 786 | 282 | 143 | 196 |
| Seguridad mensual (M\$) | 6,6 | 5,3 | 7,9 | 7,6 | 3,9 | 4,4 | 3,7 | 3,5 | 5,3 | 4,7 | 4,8 | 5,8 | 4,7 | 3,8 | 7,3 |
| Seguridad unitario(\$ (m ²) ⁻¹) | 61 | 74 | 204 | 83 | 103 | 62 | 261 | 62 | 114 | 188 | 60 | 33 | 17 | 35 | 57 |
| Mantenimiento sin seguridad (\$ (m ²) ⁻¹) | 166 | 107 | 424 | 237 | 209 | 177 | 439 | 244 | 252 | 392 | 183 | 58 | 66 | 108 | 79 |
| % Seguridad mantenimiento total | 27 | 41 | 32 | 26 | 33 | 26 | 37 | 20 | 31 | 32 | 25 | 37 | 21 | 25 | 42 |
| Consumos básicos mensual (M\$) | 3,7 | 3,0 | - | 4,7 | 0,9 | 5,0 | 1,0 | 4,2 | 2,3 | 3,6 | - | 0,8 | - | 2,9 | 4,7 |
| Consumos básicos unitarios (\$ (m ²) ⁻¹) | 33,7 | 42,2 | - | 51,2 | 22,8 | 71,6 | 69,7 | 73,3 | 50,6 | 142,4 | - | 4,7 | - | 27,2 | 36,6 |
| Labores Estacionales (M\$) | 2,0 | 1,8 | 0,5 | 1,6 | 0,6 | 2,0 | 0,3 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 1,0 | 0,3 | 5,4 | 1,0 | 0,8 |
| L. Estacionales unitario(\$ (m ²) ⁻¹) | 17,9 | 24,6 | 13,9 | 17,8 | 16,3 | 28,4 | 18,0 | 14,6 | 12,9 | 18,7 | 12,8 | 1,9 | 20,2 | 9,4 | 6,4 |
| Labores Ocasionales (M\$) | 1,4 | 0,7 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,5 | 1,6 | 0,9 | 2,9 | 1,6 | 1,5 | 0,6 | 4,4 | 3,2 | 0,9 |
| L. Ocasionales unitario(\$ (m ²) ⁻¹) | 13,3 | 10,2 | 24,5 | 11,0 | 29,9 | 21,1 | 113,3 | 15,7 | 63,9 | 63,5 | 18,9 | 3,2 | 16,2 | 30,2 | 7,0 |
| Mantenimiento general (M\$) | 5,6 | 3,4 | 7,0 | 8,3 | 2,9 | 5,1 | 2,8 | 3,4 | 5,0 | 3,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 2,8 | 4,9 |
| M. general unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 51,7 | 31,6 | 64,7 | 76,2 | 26,6 | 46,4 | 25,8 | 31,6 | 46,2 | 32,0 | 40,2 | 30,4 | 20,2 | 25,3 | 45,0 |
| % Mantenimiento general / total | 22,8 | 17,5 | 10,3 | 23,8 | 8,5 | 19,4 | 3,7 | 10,3 | 12,6 | 5,5 | 16,6 | 33,5 | 24,1 | 17,6 | 33,2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Manejo de pavimentos duros (mil \$) | 215,9 | 236,3 | 52,5 | 276,4 | 75,6 | 108,1 | 75,9 | 77,4 | 136,5 | 99,1 | 158,6 | 116,7 | 164,1 | 76,8 | 0 |
| Pavimentos duros unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 302,8 | 230,6 | 48,2 | 552,8 | 47,8 | 79,5 | 123,6 | 18,6 | 75,8 | 143,7 | 30,5 | 63,8 | 69,1 | 89,8 | 0,0 |
| Manejo pavimentos blandos (mil \$) | 370,6 | 345,6 | 28,2 | 253,8 | 200,6 | 96,2 | 75,9 | 30,9 | 136,5 | 99,1 | 335,9 | 146,6 | 396,0 | 85,8 | 183,4 |
| Pavimentos blandos unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 11,0 | 34,2 | 4,7 | 4,9 | 87,4 | 9,2 | 18,9 | 2,8 | 12,1 | 16,5 | 20,3 | 65,9 | 24,1 | 44,3 | 94,6 |
| Total manejo de pavimentos (mil \$) | 586,5 | 581,9 | 80,8 | 530,2 | 276,2 | 204,3 | 151,8 | 108,3 | 273,0 | 198,3 | 494,5 | 263,4 | 560,1 | 162,6 | 183,4 |
| Total pavimentos unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 17,0 | 52,3 | 11,3 | 10,2 | 71,3 | 17,4 | 32,7 | 7,2 | 20,8 | 29,6 | 22,7 | 65,0 | 29,8 | 58,2 | 94,6 |
| Razón Pavimentos duros/ Blandos | 27,5 | 6,7 | 10,3 | 111,7 | 0,5 | 8,6 | 6,6 | 6,6 | 6,3 | 8,7 | 1,5 | 1,0 | 2,9 | 2,0 | 0,0 |
| Manejo de infraestructura (mil \$) | 394,4 | 330,2 | 1609 | 385,4 | 126,2 | 120,0 | 337,8 | 265,0 | 1825 | 565,0 | 528,7 | 551,8 | 299,5 | 101,2 | 330,8 |
| M. infraestructura unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 651,9 | 660,5 | 624,9 | 229,4 | 252,4 | 70,6 | 183,6 | 139,5 | 1014 | 376,7 | 314,7 | 250,8 | 157,6 | 63,2 | 220,6 |
| Manejo de edificaciones (mil \$) | 370,6 | 219,5 | 1959 | 659,0 | 147,0 | 128,3 | 80,7 | 120,9 | 167,2 | 107,6 | 188,4 | 65,3 | 227,4 | 70,9 | 96,8 |
| M. edificaciones unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 3669 | 439 | 3037 | 2995 | 817 | 1974 | 2305 | 318,2 | 1779 | 1537 | 1507 | 1088 | 1137 | 283 | 691 |
| Total manejo de instalaciones (mil \$) | 765,0 | 549,8 | 3568 | 1044 | 273,2 | 248,3 | 418,5 | 385,9 | 1992 | 672,6 | 717,0 | 617,1 | 527,0 | 172,0 | 427,6 |
| Total instalaciones unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 1084 | 550 | 1108 | 550 | 402 | 141 | 223 | 169 | 1052 | 428 | 397 | 273 | 251 | 93 | 261 |
| Manejo de mobiliario urbano (mil \$) | 945,2 | 555,7 | 140,9 | 899,5 | 410,0 | 441,3 | 253,4 | 265,0 | 317,4 | 311,9 | 489,4 | 570,6 | 299,5 | 185,7 | 330,8 |
| M. mobiliario unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 4679 | 2778 | 410 | 3213 | 5125 | 1582 | 6336 | 3313 | 6349 | 3283 | 6704 | 9509 | 1576 | 2691 | 1318 |
| Manejo de juegos infantiles (mil \$) | 227,8 | 68,3 | 128,2 | 299,0 | 194,6 | 143,8 | 75,9 | 69,6 | 136,5 | 99,1 | 294,3 | 187,7 | 90,6 | 100,6 | 96,8 |
| M. de juegos inf. Unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 5062 | 2968 | 523 | 10311 | 32438 | 3507 | 5839 | 5801 | 13651 | 5218 | 12794 | 14439 | 8236 | 3869 | 4400 |
| Manejo total de mobiliario (mil \$) | 1173 | 623,9 | 269,1 | 1199 | 604,7 | 585,1 | 329,4 | 334,6 | 453,9 | 411,0 | 783,7 | 758,3 | 390,1 | 286,3 | 427,6 |
| M. total mobiliario unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 4494 | 2798 | 457 | 3699 | 7031 | 1828 | 6214 | 3637 | 6878 | 3397 | 8163 | 10387 | 1931 | 3014 | 1566 |
| Aseo y limpieza mensual(M\$) | 1,5 | 0,7 | 3,0 | 4,1 | 0,4 | 0,8 | 1,7 | 0,9 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 3,2 |
| Aseo y limpieza unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 13,8 | 10,3 | 77,4 | 45,1 | 10,8 | 11,5 | 124,0 | 16,3 | 37,7 | 71,2 | 17,5 | 5,2 | 4,4 | 11,3 | 24,9 |
| Mantenión vegetal mensual (M\$) | 8,7 | 4,2 | 5,6 | 9,4 | 2,4 | 6,4 | 2,3 | 4,9 | 2,1 | 3,8 | 9,4 | 3,4 | 5,5 | 4,4 | 5,2 |
| M. vegetal unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 79 | 58 | 145 | 103 | 64 | 91 | 163 | 85 | 46 | 150 | 118 | 20 | 21 | 42 | 40 |
| M. cobertura vegetal unita. $(\$/m^2)^{-1}$ | 138 | 79 | 226 | 251 | 82 | 130 | 375 | 144 | 80 | 264 | 194 | 23 | 25 | 49 | 46 |
| % Mantenión vegetal / total | 35 | 32 | 23 | 32 | 21 | 38 | 23 | 28 | 13 | 26 | 49 | 22 | 25 | 29 | 30 |
| Mantenión césped mensual (M\$) | 2,89 | 1,34 | 1,11 | 3,31 | 0,86 | 4,10 | 1,12 | 2,35 | 0,53 | 1,18 | 4,19 | 0,88 | 1,17 | 1,97 | 1,52 |
| Mantenión césped unitario $(\$/m^2)^{-1}$ | 39 | 40 | 2471 | 83 | 1723 | 81 | 162 | 96 | 55 | 96 | 334 | 107 | 45 | 529 | 95 |
| Mantenión pradera natural (mil \$) | 112,7 | 236,4 | - | 408,8 | - | - | - | - | - | 658,4 | 310,4 | 440,0 | 100,6 | 314,6 | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M. pradera natural unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 17,9 | 36,1 | - | 26,4 | - | - | - | - | - | 108,9 | 56,4 | 12,5 | 2,9 | 6,5 | - |
| M. césped y pradera natural (M\$) | 3,0 | 1,6 | 1,1 | 3,7 | 0,9 | 4,1 | 1,1 | 2,3 | 0,5 | 1,8 | 4,5 | 1,3 | 1,3 | 2,3 | 1,5 |
| M. césped y pradera unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 41 | 40 | 159 | 93 | 54 | 82 | 162 | 97 | 56 | 151 | 242 | 97 | 21 | 59 | 23 |
| Razón césped / pradera natural | 2 | 1 | - | 3 | - | - | - | - | - | 1 | 6 | 9 | 16 | 82 | - |
| Mantenión cubresuelos (mil \$) | 779,7 | 227,9 | 778,3 | 897,1 | 66,1 | 103,3 | 209,7 | 46,4 | 415,0 | 242,6 | 536,0 | 280,8 | 95,0 | 95,0 | 312,1 |
| M. cubresuelos unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 38986 | 2478 | 110 | 49839 | 689 | 553 | 367 | 418 | 3459 | 1055 | 1429 | 3695 | 7918 | 841 | 1584 |
| M. césped, praderas y cubre. (M\$) | 3,8 | 1,8 | 1,9 | 4,6 | 0,9 | 4,2 | 1,3 | 2,4 | 0,9 | 2,1 | 5,0 | 1,6 | 1,4 | 2,4 | 1,8 |
| M. césped, prados y cubre. (\$ (m ²) ⁻¹) | 51 | 46 | 134 | 116 | 58 | 83 | 178 | 98 | 98 | 168 | 266 | 116 | 22 | 62 | 28 |
| M. árboles y arbustos mensual (mil \$) | 1516 | 486,9 | 813,3 | 1274 | 356,1 | 558,3 | 393,4 | 647,9 | 634,1 | 470,4 | 1046 | 915,6 | 329,9 | 354,8 | 699,1 |
| M. árboles y arbustos unitario (\$ (n ^o) ⁻¹) | 1131 | 262 | 255 | 576 | 555 | 404 | 1008 | 354 | 567 | 354 | 245 | 355 | 344 | 229 | 232 |
| Mantenión riego mensual (mil \$) | 1330 | 211,1 | 2214 | 2156 | 1023 | 685,2 | 103,9 | 773,5 | 118,5 | 119,1 | 1278 | 353,3 | 805,7 | 1297 | 1725 |
| Mantenión riego unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 18 | 5 | 157 | 54 | 64 | 14 | 14 | 32 | 12 | 10 | 67 | 26 | 13 | 34 | 27 |
| Binazón del suelo mensual (mil \$) | 604,1 | 404,4 | 40,6 | 332,7 | 310,6 | 256,8 | 60,1 | 345,2 | 62,2 | 75,4 | 469,2 | 151,0 | 260,9 | 308,9 | 123,5 |
| Binazón del suelo unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 8,2 | 10,3 | 2,9 | 8,3 | 19,3 | 5,1 | 8,1 | 14,1 | 6,5 | 6,1 | 24,8 | 11,0 | 4,3 | 8,0 | 1,9 |
| Control de plagas mensual (mil \$) | 341,5 | 84,7 | 208,4 | 298,1 | 145,8 | 250,5 | 162,4 | 177,9 | 92,2 | 180,9 | 305,4 | 116,3 | 336,4 | 72,0 | 204,1 |
| Control de plagas unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 2,55 | 46 | 65 | 135 | 228 | 182 | 417 | 97 | 83 | 136 | 72 | 45 | 352 | 47 | 68 |
| Control de malezas mensual (mil \$) | 449,4 | 143,9 | 27,1 | 378,7 | 63,7 | 77,7 | 56,4 | 309,4 | 62,2 | 73,5 | 186,0 | 146,5 | 281,7 | 60,7 | 116,7 |
| Control de malezas unitario (\$ (m ²) ⁻¹) | 6,1 | 3,7 | 1,9 | 9,5 | 4,0 | 1,5 | 7,6 | 12,7 | 6,5 | 5,9 | 9,8 | 10,6 | 4,6 | 1,6 | 1,8 |
| Podas mantenimiento mensual (mil \$) | 27,3 | 7,0 | 10,9 | 5,8 | 47,1 | 6,4 | 9,5 | 111,9 | 7,9 | 9,5 | 55,7 | 50,0 | 12,2 | 16,0 | 26,2 |
| Podas mantenimiento unitario (\$ (n ^o) ⁻¹) | 20,4 | 3,8 | 3,4 | 2,6 | 73,5 | 4,7 | 24,4 | 61,2 | 7,1 | 7,2 | 13,1 | 19,4 | 12,7 | 10,3 | 8,7 |
| Fertilización árboles arbustos (mil \$) | 168,0 | 162,1 | 122,1 | 154,1 | 25,7 | 123,4 | 38,2 | 42,0 | 87,7 | 72,4 | 86,6 | 29,8 | 119,1 | 47,7 | 33,9 |
| F. árboles arbustos unitario (\$ (n ^o) ⁻¹) | 125 | 87 | 38 | 70 | 40 | 89 | 98 | 23 | 79 | 55 | 20 | 12 | 124 | 31 | 11 |
| Fertilización césped y cubresuelos (mil \$) | 353,8 | 477,6 | 39,2 | 404,6 | 25,7 | 160,1 | 32,8 | 86,9 | 55,4 | 67,1 | 54,3 | 30,2 | 241,5 | 44,6 | 34,2 |
| F. césped cubresuelos unitarios (\$ (m ²) ⁻¹) | 4,8 | 12,2 | 2,8 | 10,2 | 1,6 | 3,2 | 4,4 | 3,6 | 5,7 | 5,4 | 2,9 | 2,2 | 4,0 | 1,2 | 0,5 |

Tabla 62. Incremento de los costos promedio de mantenimiento desglosados en PUT y PUN del PPU para las licitaciones 2009-2012 (Fuente: Elaboración propia)

| COSTO DE MANTENIMIENTO | PROMEDIO P. TRADICIONAL | | | | PROMEDIO P. NATURAL | | | | PROMEDIO PPU | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|---------------------|------|------|------|--------------|------|-----|-----|-----|
| | V.P | V.I | V.F | INC | V.P | V.I | V.F | INC | V.P | V.F | DIF | U-N | INC |
| Costo de mantenimiento total mensual (\$/m2)* | 373 | 236 | 373 | 65 | 114 | 79 | 114 | 46 | 304 | 304 | 3,3 | 60 | 60 |
| Labores Permanentes (C.B.) (\$/m2)** | 289 | 169 | 218 | 33 | 89 | 88 | 104 | 19 | 228 | 228 | 3,3 | 27 | 27 |
| Seguridad (\$/m2) | 77 | 50 | 57 | 29 | 26 | 25 | 31 | 37 | 61 | 61 | 2,9 | 32 | 32 |
| Mantenimiento vegetal (\$/m2) | 89 | 58 | 74 | 27 | 28 | 25 | 34 | 37 | 59 | 59 | 3,2 | 31 | 31 |
| Mantenimiento césped (\$/m2) | 393 | 181 | 45 | 48 | 169 | 137 | 244 | 20 | 322 | 322 | 2,3 | 36 | 36 |
| Mantenimiento árboles y arbustos (\$/unidad) | 459 | 295 | 394 | 28 | 325 | 372 | 272 | -39 | 417 | 417 | 1,4 | -1 | -1 |
| Mantenimiento cubresuelos (\$/m2) | 7056 | 1615 | 1034 | -148 | 2592 | 1369 | 2040 | 21 | 5636 | 5636 | 2,7 | -75 | -75 |
| Mantenimiento Pradera natural (\$/m2) | 36 | 15 | 22 | 27 | 31 | 46 | 22 | -103 | 33 | 33 | 1,2 | -51 | -51 |
| Riego (\$/m2) | 16 | 18 | 9 | -52 | 6 | 3 | 9 | 35 | 13 | 13 | 2,5 | -9 | -9 |
| Binazón del suelo (\$/m2) | 10 | - | - | - | 6 | - | - | - | 9 | 9 | 1,6 | - | - |
| Control de plagas (\$/unidad) | 151 | 139 | 138 | -4 | 104 | 72 | 53 | -41 | 136 | 136 | 1,5 | -20 | -20 |
| Control de Malezas (\$/m2) | 6 | 3 | 5 | 81 | 5 | - | - | - | 6 | 6 | 1,3 | - | - |
| Compostaje (\$/m2) | 7 | - | - | - | 6 | - | - | - | 7 | 7 | 1,2 | - | - |
| Podas de mantenimiento (\$/unidad) | 34 | - | - | - | 17 | - | - | - | 30 | 30 | 2,0 | - | - |
| Fertilización árboles y arbustos (\$/unidad) | 145 | 109 | 163 | 58 | 78 | 26 | 32 | 37 | 124 | 124 | 1,9 | 49 | 49 |
| Fertilización césped y cubresuelos(\$/m2) | 8 | 5 | 7 | 20 | 3 | 2 | 2 | 6 | 6 | 6 | 3,1 | 14 | 14 |
| Otras mantenciones (\$/m2) | 16 | - | - | - | 3 | - | - | - | 14 | 14 | 6,1 | - | - |
| Mantenimiento laguna total (\$/m2)*** | 157 | - | - | - | 127 | - | - | - | 142 | 142 | 1,2 | - | - |
| Mantenimiento zona forestal (\$/m2)*** | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 10 | - | - | - |
| Mantenimiento general (\$/m2) | 93 | 76 | 64 | -15 | 22 | 21 | 28 | 37 | 70 | 70 | 4,2 | 7 | 7 |
| Manejo de pavimentos duros (\$/m2)**** | 147 | 116 | 94 | 127 | 114 | 145 | 83 | -38 | 136 | 136 | 1,3 | 56 | 56 |
| Manejo de pavimentos blandos (\$/m2)**** | 20 | 18 | 33 | 127 | 78 | 104 | 68 | -38 | 38 | 38 | 0,3 | 56 | 56 |
| Aseo y limpieza (\$/m2) | 34 | 20 | 12 | -33 | 8 | 2 | 14 | 493 | 27 | 27 | 4,4 | 192 | 192 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|-----|--------|-----|-----|
| Mobiliario urbano (\$/unidad) | 3283 | 1368 | 3199 | 170 | 3409 | 2923 | 4506 | 83 | 3323 | 1,0 | 133 |
| Manejo juegos infantiles (\$/unidad) | 10044 | 13137 | 11179 | -23 | 9941 | 12313 | 7569 | -29 | 10015 | 1,0 | -26 |
| Manejo juegos deportivos (\$/unidad) | 17990 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Manejo infraestructura (\$/m2) | 352 | 192 | 281 | 28 | 150 | 120 | 178 | 94 | 288 | 2,3 | 56 |
| (\$/m2) | 11 | 7 | 17 | 134 | 3 | 3 | 3 | 4 | 7 | 4,2 | 69 |
| Otros mantenimientos específicos | 9 | 11 | 6 | 223 | 4 | 5 | 1 | -9 | 7 | 2,3 | 124 |
| Informes, monitoreo (\$/ha) | 22365 | 25546 | 48499 | 85 | 6379 | 6323 | 6287 | -5 | 17278 | 3,5 | 47 |
| Reposición pavimentos blandos (\$/m2) | 28 | 53 | 14 | -56 | 67 | 58 | 94 | 194 | 40 | 0,4 | 52 |
| Pintura edificaciones general (\$/m2)**** | 231 | 550 | 147 | -52 | 103 | 122 | 37 | -55 | 188 | 2,2 | -53 |
| Pinturas mobiliario general (\$/unidad)**** | 1201 | 2262 | 1102 | -52 | 798 | 1013 | 608 | -55 | 1073 | 1,5 | -53 |
| Manejo Edificaciones (\$/m2) | 2006 | - | - | - | 981 | - | - | - | 1835 | 2,0 | - |
| Labores Estacionales (\$/m2) | 23 | 33 | 9 | -32 | 9 | 8 | 6 | -26 | 19 | 2,6 | -30 |
| Labores Ocasionales (\$/m2) | 32 | 27 | 19 | -12 | 12 | 9 | 13 | 6 | 26 | 2,7 | -11 |
| Sistema eléctrico (\$/m2) | 243 | 111 | 132 | 203 | 35 | 24 | 45 | 49 | 181 | 6,9 | 142 |
| Sistema riego (\$/m2) | 63 | 16 | 23 | 59 | 24 | 45 | 12 | -83 | 52 | 2,6 | 23 |
| Bebederos (\$/unidad) | 310629 | 405631 | 227687 | -1 | 179017 | 139919 | 218286 | 102 | 266758 | 1,7 | 50 |
| Escaños (\$/unidad) | 208033 | 114325 | 219853 | 83 | 103111 | 105224 | 111497 | -2 | 173059 | 2,0 | 41 |
| Basureros (\$/unidad) | 97419 | 103161 | 112824 | 40 | 66270 | 57410 | 77220 | 47 | 87036 | 1,5 | 44 |
| Juegos Infantiles (\$/unidad) | 302252 | 634426 | 92623 | -69 | 43541 | 57149 | 30564 | -79 | 216015 | 6,9 | -74 |
| Extracción árbol grande (\$/unidad)**** | 337124 | 496268 | 191894 | 18 | 142702 | 99163 | 197143 | 112 | 269076 | 2,4 | 65 |
| Extracción árbol mediano(\$/unidad)**** | 179928 | 183028 | 115799 | 18 | 72815 | 47721 | 105513 | 112 | 142438 | 2,5 | 65 |
| Plantación de árboles (\$/unidad)**** | 40456 | 46959 | 48493 | 18 | 23347 | 11133 | 30947 | 112 | 34753 | 1,7 | 65 |
| Plantación de arbustos (\$/unidad)**** | 7622 | 6921 | 5777 | 18 | 4724 | 4457 | 4582 | 112 | 6656 | 1,6 | 65 |
| Plantación de cubresuelos (\$/m2)**** | 5274 | 3826 | 3040 | 18 | 3498 | 3590 | 3579 | 112 | 4652 | 1,5 | 65 |
| Plantación de flores de temporada (\$/unidad)**** | 609 | 474 | 304 | 18 | 962 | 1686 | 548 | 112 | 707 | 0,6 | 65 |

Tabla 63. Correlaciones principales entre variables dependientes (negritas) y variables independientes, para distintos tipos de costos de mantenimiento asociados (Fuente elaboración propia).

| VARIABLES DEPENDIENTES/INDEPENDIENTES | R | R ² | p (0,20) | SIG | Tendencia |
|---|-------|----------------|----------|-----|---------------|
| Costo de mantenimiento total mensual | | | | | |
| N° de jardineros | 0,59 | 0,35 | 0,021 | SI | Moderada + |
| N° de trabajadores | 0,63 | 0,39 | 0,013 | SI | Moderada + |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,37 | 0,13 | 0,179 | SI | Moderada - |
| Superficie total | 0,24 | 0,06 | 0,397 | NO | Débil + |
| Superficie pavimentos duros | -0,07 | 0,01 | 0,8 | NO | Indeterminada |
| Superficie pavimentos blandos | 0,79 | 0,62 | 0,001 | SI | Fuerte + |
| Superficie pavimentos totales | 0,78 | 0,60 | 0,001 | SI | Fuerte + |
| Superficie Infraestructura | 0,32 | 0,10 | 0,238 | NO | Débil + |
| % Pavimentos totales/cobertura vegetal | 0,62 | 0,39 | 0,013 | SI | Moderada + |
| % Superficie pavimentos | 0,59 | 0,34 | 0,022 | SI | Moderada + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,57 | 0,32 | 0,027 | SI | Moderada + |
| Origen del suelo* | -0,11 | - | 0,687 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego* | -0,30 | - | 0,272 | NO | Débil - |
| Sistema de riego* | 0,05 | - | 0,869 | NO | Indeterminada |
| Riego diario | 0,58 | 0,34 | 0,048 | SI | Moderada + |
| Superficie césped | 0,42 | 0,18 | 0,12 | SI | Moderada + |
| % Césped | 0,16 | 0,02 | 0,58 | NO | Débil + |
| Superficie pradera natural | -0,13 | 0,02 | 0,65 | NO | Indeterminada |
| % Pradera natural | -0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil - |
| % Césped y Pradera natural | -0,05 | 0,00 | 0,86 | NO | Indeterminada |
| Superficie de cubresuelos | 0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil + |
| Superficie de manejo intensivo | 0,40 | 0,16 | 0,14 | SI | Moderada + |
| N° Árboles y arbustos totales | 0,23 | 0,05 | 0,40 | NO | Débil + |
| % Árboles y arbustos nativos | -0,21 | 0,04 | 0,46 | NO | Débil - |
| % Flora total nativa | -0,20 | 0,04 | 0,47 | NO | Débil - |
| % Flora exótica | 0,20 | 0,04 | 0,47 | NO | Débil + |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | 0,14 | 0,02 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| Cobertura vegetal total | -0,50 | 0,25 | 0,06 | SI | Moderada - |
| Adecuación biológica* | -0,42 | - | 0,12 | SI | Moderada - |
| Requerimientos hídricos* | 0,39 | - | 0,15 | SI | Débil + |
| Flora caducifolia | 0,36 | 0,13 | 0,19 | SI | Débil + |
| Flora perennifolia | -0,36 | 0,13 | 0,19 | SI | Débil - |
| Índice de diversidad (H) | 0,05 | 0,00 | 0,86 | NO | Indeterminada |
| Índice de equidad (E) | 0,46 | 0,21 | 0,08 | SI | Moderada + |
| Índice de riqueza (S) | -0,57 | 0,32 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Costo de construcción | 0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil + |

| | | | | | |
|---|-------|------|-------|----|---------------|
| Costo de seguridad | 0,63 | 0,39 | 0,013 | SI | Moderada + |
| Costo consumos básicos | 0,43 | 0,18 | 0,163 | SI | Moderada + |
| Costo labores estacionales | 0,33 | 0,11 | 0,228 | NO | Débil + |
| Costo labores ocasionales | 0,07 | 0,00 | 0,806 | NO | Indeterminada |
| Costo mantención general | 0,71 | 0,50 | 0,003 | SI | Fuerte + |
| Costo mantención vegetal | 0,70 | 0,49 | 0,004 | SI | Fuerte + |
| Numero de jardineros | | | | | |
| Tasa delictual comunal | 0,26 | 0,07 | 0,34 | NO | Débil + |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,19 | 0,04 | 0,49 | NO | Débil - |
| Índice de vulnerabilidad sociodelictual comunal | 0,21 | 0,04 | 0,45 | NO | Débil + |
| Superficie total | 0,45 | 0,20 | 0,09 | SI | Moderada + |
| Superficie pavimentos duros | -0,25 | 0,06 | 0,38 | NO | Débil - |
| Superficie pavimentos blandos | 0,43 | 0,18 | 0,11 | SI | Moderada + |
| Superficie pavimentos totales | 0,40 | 0,16 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Superficie Infraestructura | 0,12 | 0,01 | 0,68 | NO | Débil + |
| % infraestructura y edificación | -0,46 | 0,21 | 0,08 | SI | Moderada - |
| % Pavimentos totales/cobertura vegetal | -0,07 | 0,00 | 0,81 | NO | Indeterminada |
| N° Mobiliario urbano total | 0,68 | 0,46 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Densidad de mobiliario urbano (ha) | 0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil + |
| Origen del suelo | -0,33 | - | 0,23 | NO | Débil - |
| Fuente de riego | -0,57 | - | 0,03 | SI | Moderada - |
| Sistema de riego | -0,17 | - | 0,54 | NO | Débil - |
| Riego diario | 0,45 | 0,20 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Superficie de césped | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| % de césped | 0,02 | 0,00 | 0,93 | NO | Indeterminada |
| Superficie de praderas naturales | 0,29 | 0,08 | 0,29 | NO | Débil + |
| Superficie de cubresuelos | 0,27 | 0,07 | 0,33 | NO | Débil + |
| Superficie zonas de mantenimiento intensivo | 0,72 | 0,52 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| N° árboles y arbustos | 0,32 | 0,10 | 0,25 | NO | Débil + |
| Porcentaje árboles y arbustos nativos | 0,02 | 0,00 | 0,96 | NO | Indeterminada |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | -0,08 | 0,01 | 0,77 | NO | Indeterminada |
| Cobertura vegetal total | 0,46 | 0,21 | 0,08 | NO | Moderada + |
| % Flora exótica | 0,00 | 0,00 | 1,00 | NO | Indeterminada |
| % Flora nativa | 0,00 | 0,00 | 1,00 | NO | Indeterminada |
| Flora caducifolia | 0,29 | 0,08 | 0,30 | NO | Débil + |
| Flora perennifolia | -0,29 | 0,08 | 0,30 | NO | Débil - |
| Adecuación biológica | -0,48 | - | 0,07 | SI | Moderada - |
| Requerimientos hídricos | -0,18 | - | 0,52 | NO | Débil - |
| Índice de diversidad (H) | 0,06 | 0,00 | 0,83 | NO | Indeterminada |
| Índice de equidad (E) | 0,14 | 0,02 | 0,61 | NO | Indeterminada |
| Índice de riqueza (S) | 0,12 | 0,02 | 0,66 | NO | Indeterminada |

| | | | | | |
|--|-------|------|------|----|---------------|
| Costo de mantención total mensual | 0,59 | 0,35 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Costo consumos básicos | 0,64 | 0,41 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Costo labores estacionales | 0,37 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil + |
| Costo labores ocasionales | 0,09 | 0,01 | 0,74 | NO | Indeterminada |
| Costo mantención general | 0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Costo mantención vegetal | 0,59 | 0,35 | 0,02 | SI | Moderada + |
| Costo mantención pavimentos totales | 0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil + |
| Costo mantención infraestructura y edificaciones | 0,28 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil + |
| Costo de mantención mobiliario | 0,30 | 0,09 | 0,28 | NO | Débil + |
| Costo de aseo y limpieza | 0,41 | 0,16 | 0,13 | SI | Moderada + |
| Costo mantención césped | 0,33 | 0,11 | 0,24 | NO | Débil + |
| Costo mantención cubresuelos | 0,49 | 0,24 | 0,06 | SI | Moderada + |
| Costo mantención praderas | -0,64 | 0,41 | 0,09 | SI | Moderada - |
| Costo de mantención árboles y arbustos | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención riego | 0,67 | 0,45 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención fertilización árboles | 0,53 | 0,28 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención seguridad | | | | | |
| N° de guardias | 0,68 | 0,47 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Tasa delictual comunal | 0,24 | 0,06 | 0,39 | NO | Débil + |
| % Percepción inseguridad comunal | 0,14 | 0,02 | 0,63 | NO | Débil + |
| % Percepción inseguridad áreas verdes comunal | -0,17 | 0,03 | 0,53 | NO | Débil - |
| Tasa pobreza comunal | -0,32 | 0,10 | 0,25 | NO | Débil - |
| índice de prioridad social comunal | -0,07 | 0,00 | 0,82 | NO | Indeterminada |
| Densidad poblacional comunal | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,13 | 0,02 | 0,64 | NO | Indeterminada |
| índice de vulnerabilidad sociodelictual comunal | 0,03 | 0,00 | 0,90 | NO | Indeterminada |
| Superficie total | 0,15 | 0,02 | 0,60 | NO | Débil + |
| Superficie Infraestructura | 0,15 | 0,02 | 0,58 | NO | Débil + |
| Superficie edificaciones e infraestructura | 0,28 | 0,08 | 0,31 | NO | Débil + |
| N° Mobiliario urbano total | 0,74 | 0,54 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Densidad mobiliario urbano total | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención total mensual | 0,63 | 0,39 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Costo de labores ocasionales | | | | | |
| N° trabajadores totales | 0,02 | 0,00 | 0,93 | NO | Indeterminada |
| Densidad poblacional comunal | -0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada - |
| Promedio años de escolaridad comunal | 0,21 | 0,04 | 0,46 | NO | Débil + |
| índice de vulnerabilidad sociodelictual comunal | -0,13 | 0,02 | 0,66 | NO | Indeterminada |
| Superficie total | 0,47 | 0,22 | 0,08 | SI | Moderada + |
| N° Mobiliario urbano total | -0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil - |
| Densidad mobiliario urbano total | -0,28 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil - |
| Origen del suelo | -0,18 | - | 0,52 | NO | Débil - |

| | | | | | |
|--|-------|------|------|----|---------------|
| Fuente de riego | -0,21 | - | 0,46 | NO | Débil - |
| Sistema de riego | -0,18 | - | 0,53 | NO | Débil - |
| Porcentaje césped, pradera natural y cubresuelos | -0,24 | 0,06 | 0,39 | NO | Débil - |
| N° árboles y arbustos | -0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil - |
| Porcentaje árboles y arbustos nativos | 0,39 | 0,15 | 0,15 | SI | Débil + |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | -0,34 | 0,12 | 0,21 | NO | Débil - |
| Flora caducifolia | -0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada - |
| Flora perennifolia | 0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención total mensual | 0,07 | 0,00 | 0,81 | NO | Indeterminada |
| Costo de labores estacionales | | | | | |
| N° de jardineros | 0,37 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil + |
| Superficie total | 0,74 | 0,55 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Superficie pavimentos blandos | 0,35 | 0,12 | 0,21 | NO | Débil + |
| % Pavimentos totales/cobertura vegetal | -0,10 | 0,01 | 0,73 | NO | Indeterminada |
| N° Mobiliario urbano total | 0,18 | 0,03 | 0,53 | NO | Débil + |
| Densidad mobiliario urbano total | -0,21 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil - |
| Origen del suelo | -0,13 | - | 0,64 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego | -0,36 | - | 0,19 | SI | Débil - |
| Sistema de riego | -0,07 | - | 0,81 | NO | Indeterminada |
| Superficie de césped | 0,46 | 0,21 | 0,09 | SI | Moderada + |
| % de césped | 0,09 | 0,01 | 0,76 | NO | Indeterminada |
| Superficie pradera natural | 0,32 | 0,10 | 0,24 | NO | Débil + |
| % de pradera natural | -0,06 | 0,00 | 0,84 | NO | Indeterminada |
| Superficie cubresuelos | -0,20 | 0,04 | 0,47 | NO | Débil - |
| N° árboles y arbustos | -0,21 | 0,04 | 0,45 | NO | Débil - |
| % árboles y arbustos nativos | 0,15 | 0,02 | 0,60 | NO | Débil + |
| % Flora total nativa | -0,12 | 0,01 | 0,66 | NO | Indeterminada |
| % Flora total exótica | 0,12 | 0,01 | 0,66 | NO | Indeterminada |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | -0,45 | 0,20 | 0,09 | SI | Moderada - |
| Adecuación biológica | 0,08 | - | 0,78 | NO | Indeterminada |
| Cobertura vegetal total | 0,21 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil + |
| Flora caducifolia | -0,23 | 0,05 | 0,41 | NO | Débil - |
| Flora perennifolia | 0,23 | 0,05 | 0,41 | NO | Débil + |
| Requerimientos hídricos | -0,34 | - | 0,22 | NO | Débil - |
| Costo mantención total mensual | 0,33 | 0,11 | 0,23 | NO | Débil + |
| Costo mantención podas | -0,23 | 0,05 | 0,42 | NO | Débil - |
| Costo fertilización árboles y arbustos | 0,51 | 0,26 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Costo fertilización césped y cubresuelos | 0,53 | 0,28 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Costo consumos básicos | | | | | |
| Superficie total | 0,11 | 0,01 | 0,75 | NO | Indeterminada |
| % Superficie pavimentos | 0,27 | 0,07 | 0,41 | NO | Moderada + |

| | | | | | |
|--------------------------------------|-------|------|------|----|---------------|
| Origen del suelo | 0,11 | - | 0,73 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego | -0,07 | - | 0,83 | NO | Indeterminada |
| Sistema de riego | 0,36 | - | 0,25 | NO | Débil + |
| Riego diario | 0,33 | 0,11 | 0,29 | NO | Débil + |
| Superficie césped | 0,60 | 0,36 | 0,04 | SI | Moderada + |
| % de césped | 0,51 | 0,26 | 0,09 | SI | Moderada + |
| % de césped y praderas naturales | 0,58 | 0,34 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Nº de árboles y arbustos | 0,44 | 0,19 | 0,15 | SI | Moderada + |
| % Flora exótica total | 0,58 | 0,33 | 0,05 | SI | Moderada + |
| % Flora nativa total | -0,58 | 0,33 | 0,05 | SI | Moderada - |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | 0,20 | 0,04 | 0,53 | NO | Débil + |
| Adecuación biológica | -0,65 | - | 0,02 | SI | Moderada - |
| Cobertura vegetal total | -0,14 | 0,02 | 0,67 | NO | Indeterminada |
| Requerimientos hídricos | -0,08 | - | 0,82 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención total mensual | 0,43 | 0,18 | 0,16 | SI | Moderada + |
| Consumo de agua | | | | | |
| Costo de agua | 0,98 | 0,96 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Nº árboles y arbustos | 0,51 | 0,26 | 0,09 | SI | Moderada + |
| Superficie de césped | 0,46 | 0,22 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Origen del suelo | 0,18 | - | 0,58 | NO | Débil + |
| Fuente de riego | -0,03 | - | 0,93 | NO | Indeterminada |
| Sistema de riego | 0,31 | - | 0,33 | NO | Débil + |
| % de césped y praderas naturales | -0,05 | 0,00 | 0,88 | NO | Indeterminada |
| % árboles y arbustos nativos | -0,42 | 0,18 | 0,02 | SI | Moderada - |
| % árboles y arbustos exóticos | 0,42 | 0,18 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % Flora nativa total | 0,44 | 0,20 | 0,15 | SI | Moderada + |
| % Flora exótica total | -0,44 | 0,20 | 0,15 | SI | Moderada - |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | -0,05 | 0,00 | 0,87 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,74 | - | 0,01 | SI | Fuerte - |
| Cobertura vegetal total | -0,32 | 0,10 | 0,31 | NO | Débil - |
| Flora caducifolia | 0,45 | 0,20 | 0,14 | SI | Moderada + |
| Flora perennifolia | -0,45 | 0,20 | 0,14 | SI | Moderada - |
| Requerimientos hídricos | 0,36 | - | 0,25 | NO | Débil + |
| índice de diversidad (H) | 0,30 | 0,09 | 0,34 | NO | Débil + |
| índice de equidad (E) | 0,44 | 0,19 | 0,16 | SI | Moderada + |
| índice de riqueza (S) | -0,03 | 0,00 | 0,92 | NO | Indeterminada |
| Costo mantención general | | | | | |
| Nº de jardineros | 0,55 | 0,30 | 0,03 | SI | Moderada + |
| Tasa delictual comunal | 0,06 | 0,00 | 0,83 | NO | Indeterminada |
| Densidad poblacional comunal | 0,48 | 0,23 | 0,04 | SI | Moderada + |
| Promedio años de escolaridad comunal | -0,05 | 0,00 | 0,86 | NO | Indeterminada |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------|------|------|----|---------------|
| Superficie total | -0,21 | 0,04 | 0,45 | NO | Débil - |
| Superficie pavimentos duros | -0,23 | 0,05 | 0,40 | NO | Débil - |
| Superficie pavimentos blandos | 0,65 | 0,42 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Superficie pavimentos totales | 0,62 | 0,39 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Superficie Infraestructura | 0,18 | 0,03 | 0,52 | NO | Débil + |
| Superficie edificaciones | 0,22 | 0,05 | 0,42 | NO | Débil + |
| % Superficie pavimentos | 0,58 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % infraestructura y edificación | -0,01 | 0,00 | 0,97 | NO | Indeterminada |
| Nº Mobiliario urbano total | 0,71 | 0,50 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Densidad mobiliario urbano total | 0,51 | 0,26 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención total mensual | 0,71 | 0,50 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Costo mantención vegetal | | | | | |
| Nº de jardineros | 0,59 | 0,35 | 0,02 | SI | Moderado + |
| Origen del suelo | 0,01 | - | 0,96 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego | -0,45 | - | 0,09 | SI | Moderada - |
| Sistema de riego | 0,02 | - | 0,96 | NO | Indeterminada |
| Riego diario | 0,53 | 0,28 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Superficie de césped | 0,61 | 0,37 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % superficie de césped | 0,28 | 0,08 | 0,32 | NO | Débil + |
| Superficie pradera natural | -0,08 | 0,01 | 0,77 | NO | Indeterminada |
| % Pradera natural | -0,22 | 0,05 | 0,44 | NO | Débil - |
| Superficie cubresuelos | 0,03 | 0,00 | 0,91 | NO | Indeterminada |
| Superficie áreas verdes totales | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Nº de árboles y arbustos | 0,54 | 0,29 | 0,04 | SI | Moderada + |
| % árboles y arbustos nativos | -0,13 | 0,02 | 0,65 | NO | Indeterminada |
| % árboles y arbustos exóticos | 0,13 | 0,02 | 0,65 | NO | Indeterminada |
| % Flora exótica | 0,16 | 0,03 | 0,57 | NO | Débil + |
| % Flora nativa | -0,16 | 0,03 | 0,57 | NO | Débil - |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | 0,12 | 0,01 | 0,68 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,47 | - | 0,05 | SI | Moderada - |
| Cobertura vegetal total | -0,26 | 0,07 | 0,35 | NO | Débil - |
| Flora caducifolia | 0,37 | 0,14 | 0,17 | SI | Débil + |
| Flora perennifolia | -0,37 | 0,14 | 0,18 | SI | Débil - |
| Requerimientos hídricos | 0,00 | - | 0,99 | NO | Indeterminada |
| índice de diversidad (H) | 0,38 | 0,15 | 0,16 | SI | Débil + |
| índice de equidad (E) | 0,59 | 0,34 | 0,02 | SI | Moderada + |
| índice de riqueza (S) | -0,08 | 0,01 | 0,78 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención total mensual | 0,70 | 0,49 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Costo mantención césped | | | | | |
| Nº de jardineros | 0,33 | 0,11 | 0,24 | NO | Débil + |
| Origen del suelo | 0,29 | - | 0,30 | NO | Débil + |

| | | | | | |
|--|-------|------|------|----|---------------|
| Fuente de riego | -0,23 | - | 0,40 | NO | Débil - |
| Sistema de riego | 0,19 | - | 0,51 | NO | Débil + |
| Superficie de césped | 0,58 | 0,33 | 0,02 | SI | Moderada + |
| % de superficie césped | 0,47 | 0,22 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención total mensual | 0,37 | 0,13 | 0,18 | SI | Débil + |
| Costo de mantención vegetal mensual | 0,84 | 0,70 | 0,00 | SI | Fuerte + |
| Costo mantención praderas naturales | | | | | |
| Nº de jardineros | -0,64 | 0,41 | 0,05 | SI | Moderada - |
| Origen del suelo | -0,11 | - | 0,80 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego | 0,48 | - | 0,23 | NO | Moderada + |
| Sistema de riego | 0,18 | - | 0,67 | NO | Débil + |
| Superficie de praderas naturales | -0,42 | 0,17 | 0,03 | SI | Moderada - |
| % de superficie praderas naturales | -0,26 | 0,07 | 0,54 | NO | Débil - |
| Costo de mantención total mensual | -0,33 | 0,11 | 0,04 | SI | Débil - |
| Costo de mantención vegetal mensual | -0,33 | 0,11 | 0,04 | SI | Débil - |
| Costo mantención árboles y arbustos | | | | | |
| Nº de jardineros | 0,52 | 0,27 | 0,05 | SI | Moderada + |
| Origen del suelo | 0,14 | - | 0,61 | NO | Indeterminada |
| Fuente de riego | -0,23 | - | 0,41 | NO | Débil - |
| Sistema de riego | 0,15 | - | 0,60 | NO | Débil + |
| Nº árboles y arbustos | 0,47 | 0,22 | 0,04 | SI | Moderada + |
| % árboles y arbustos nativos | -0,14 | 0,02 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| % árboles y arbustos exóticos | 0,14 | 0,02 | 0,62 | NO | Indeterminada |
| Densidad vegetal árboles y arbustos | 0,10 | 0,01 | 0,71 | NO | Indeterminada |
| Adecuación biológica | -0,53 | - | 0,04 | SI | Moderada - |
| Flora caducifolia | 0,43 | 0,19 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Flora perennifolia | -0,43 | 0,19 | 0,01 | SI | Moderada - |
| Requerimientos hídricos | 0,18 | - | 0,53 | NO | Débil + |
| índice de diversidad (H) | 0,26 | 0,07 | 0,36 | NO | Débil + |
| índice de equidad (E) | 0,39 | 0,15 | 0,15 | SI | Débil + |
| índice de riqueza (S) | -0,01 | 0,00 | 0,97 | NO | Indeterminada |
| Costo de mantención total mensual | 0,67 | 0,44 | 0,01 | SI | Moderada + |
| Costo de mantención vegetal mensual | 0,74 | 0,55 | 0,00 | SI | Fuerte + |

Nota: las variables en * son nominales cualitativas por lo que se aplicó el coeficiente de correlación no paramétrico Rho de Spearman (ρ); la significancia (SIG) se refiere a un p valor de 0,005 (95 % de confianza).

Tabla 64. Modelos de regresión lineal múltiple para los costos de mantención de las variables más relevantes

| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | p
(0,20) | SIG |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|-------|-------------|-----|
| COSTO MANTENCIÓN TOTAL | 0,93 | 0,86 | 0,50 | 3,42 | 0,20 | SI |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| | B | Error típico | Beta | t | p
(0,20) | |
| (Constante) | 11,49 | 25,55 | | 0,45 | 0,68 | NO |
| Superficie de pavimentos totales | 0,00 | 0,00 | 1,74 | 0,51 | 0,64 | NO |
| Superficie de pavimentos blandos | 0,00 | 0,00 | -1,49 | -0,35 | 0,74 | NO |
| N° de trabajadores totales | 0,32 | 1,07 | 0,55 | 0,30 | 0,78 | NO |
| % Pavimentos sobre cobertura vegetal | 4,51 | 18,84 | 0,34 | 0,24 | 0,82 | NO |
| Cobertura vegetal total | -0,07 | 0,31 | -0,21 | -0,22 | 0,84 | NO |
| Adecuación biológica | -0,44 | 2,33 | -0,07 | -0,19 | 0,86 | NO |
| N° mobiliario total | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,16 | 0,88 | NO |
| Superficie de césped | 0,00 | 0,00 | -0,09 | -0,13 | 0,90 | NO |
| Índice de riqueza (S) | 0,02 | 0,15 | 0,05 | 0,12 | 0,91 | NO |
| N° de jardineros | 0,07 | 1,31 | 0,09 | 0,05 | 0,96 | NO |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | p
(0,20) | SIG |
| N° DE JARDINEROS | 0,92 | 0,84 | 0,76 | 3,03 | 0,00 | SI |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| | B | Error típico | Beta | t | p
(0,20) | |
| (Constante) | 9,59 | 3,95 | | 2,43 | 0,04 | SI |
| N° mobiliario total | 0,02 | 0,01 | 0,41 | 2,63 | 0,03 | SI |
| Fuente de riego | -2,78 | 1,51 | -0,38 | -1,84 | 0,10 | SI |
| Adecuación biológica | 2,38 | 1,99 | 0,29 | 1,20 | 0,26 | NO |
| Superficie intensiva | 0,43 | 0,37 | 0,25 | 1,16 | 0,28 | NO |
| Superficie de césped | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,36 | 0,73 | NO |
| VARIABLE DEPENDIENTE | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | p
(0,20) | SIG |
| COSTO MANTENCIÓN GENERAL | 0,92 | 0,85 | 0,69 | 0,95 | 0,02 | SI |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| | B | Error típico | Beta | t | p
(0,20) | |
| (Constante) | -0,56 | 1,63 | | -0,34 | 0,74 | NO |
| % superficie de pavimentos | 0,08 | 0,06 | 0,71 | 1,40 | 0,20 | SI |
| Densidad poblacional | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 1,17 | 0,28 | NO |
| N° mobiliario total | 0,01 | 0,01 | 0,67 | 1,09 | 0,31 | NO |
| N° de jardineros | 0,08 | 0,09 | 0,28 | 0,90 | 0,40 | NO |
| Superficie de pavimentos duros | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,60 | 0,57 | NO |
| Superficie de pavimentos blandos | 0,00 | 0,00 | -0,26 | -0,45 | 0,67 | NO |

| | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|------------|-------------|---------|
| Densidad de mobiliario | -0,01 | 0,03 | -0,22 | -0,39 | 0,71 | NO |
| Variable dependiente | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | P
(0,20) | SIG |
| COSTO MANTENCIÓN VEGETAL | 0,92 | 0,85 | 0,43 | 17818
2 | 0,30 | NO |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| (Constante) | 5365702 | 5365701,98 | | -0,33 | 0,76 | NO |
| Índice de equidad € | 4138214,92 | 5936648,53 | 0,24 | 0,70 | 0,54 | NO |
| Superficie de césped | 37,17 | 54,94 | 0,35 | 0,68 | 0,55 | NO |
| Nº de jardineros | 108607,45 | 286548,40 | 0,29 | 0,38 | 0,73 | NO |
| Adecuación biológica | 390982,85 | 1693431,30 | 0,13 | 0,23 | 0,83 | NO |
| Fuente de riego | -282372,51 | 1533148,40 | -0,09 | -0,18 | 0,87 | NO |
| Nº de árboles y arbustos | 138,99 | 1135,65 | 0,04 | 0,12 | 0,91 | NO |
| Superficie de áreas verdes | 5,92 | 77,23 | 0,06 | 0,08 | 0,94 | NO |
| Riego diario | 6,17 | 11812,22 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | NO |
| Variable dependiente | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | P
(0,20) | SIG |
| CONSUMO DE AGUA | 0,78 | 0,60 | 0,27 | 78,23 | 0,25 | NO |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| | B | Error típ. | Beta | t | P
(0,20) | |
| (Constante) | -90,53 | 135,16 | - | -0,67 | 0,53 | NO |
| Adecuación biológica | 89,32 | 52,05 | 0,77 | 1,72 | 0,14 | SI |
| Nº de árboles y arbustos | 0,03 | 0,05 | 0,21 | 0,70 | 0,51 | NO |
| Superficie de césped | 0,00 | 0,00 | -0,15 | -0,40 | 0,70 | NO |
| % Flora caducifolia | -0,63 | 2,28 | -0,09 | -0,28 | 0,79 | NO |
| % de árboles y arbustos nativos | -0,50 | 1,96 | -0,08 | -0,25 | 0,81 | NO |
| Variable dependiente | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | P
(0,20) | SI
G |
| COSTO DE SEGURIDAD | 0,82 | 0,67 | 0,54 | 0,99 | 0,02 | SI |
| Variables independientes | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | |
| | B | Error típ. | Beta | t | P
(0,20) | |
| (Constante) | 2,56 | 0,92 | - | 2,79 | 0,02 | SI |
| Nº de mobiliario total | 0,01 | 0,00 | 0,73 | 1,85 | 0,09 | SI |
| Densidad poblacional | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,42 | 0,19 | SI |
| Densidad de mobiliario | -0,01 | 0,01 | -0,32 | -1,06 | 0,31 | NO |
| Nº de guardias | 0,12 | 0,17 | 0,22 | 0,69 | 0,51 | NO |

Tabla 65. Modelos de regresión lineal múltiple para los costos de mantención de las variables más relevantes asociadas a un tipo de diseño paisajístico

| Variable dependiente | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | p (0,20) | SIG |
|--|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------------|------------|
| COSTO MANTENCIÓN TOTAL | 0,96 | 0,93 | 0,80 | 2,18 | 0,02 | SI |
| Variables independientes
<i>PAISAJISMO TRADICIONAL</i> | Coefficientes estandarizados | no | Coefficientes tipificados | | | |
| (Constante) | 11,43 | 5,40 | | 2,11 | 0,09 | SI |
| Superficie de pavimentos blandos | 0,00 | 0,00 | 1,58 | 1,36 | 0,23 | NO |
| % Infraestructura y edificaciones | 1,03 | 0,82 | 0,74 | 1,26 | 0,26 | NO |
| Superficie mantenimiento intensivo | 0,27 | 0,29 | 0,21 | 0,94 | 0,39 | NO |
| Superficie de cubresuelos | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 0,81 | 0,45 | NO |
| % Pavimentos sobre cobertura vegetal | -9,23 | 14,62 | -0,70 | -0,63 | 0,56 | NO |
| Densidad de mobiliario | -0,05 | 0,08 | -0,35 | -0,59 | 0,58 | NO |
| Superficie de césped | 0,00 | 0,00 | -0,14 | -0,31 | 0,77 | NO |
| % Flora exótica | 0,00 | 0,09 | -0,01 | -0,05 | 0,97 | NO |
| % Flora caducifolia | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,01 | 0,99 | NO |
| Variable dependiente | R | R² | R Ajustado | E.T.E | p (0,20) | SIG |
| COSTO MANTENCIÓN VEGETAL | 0,81 | 0,65 | 0,46 | 17809 | 0,05 | SI |
| Variables independientes
<i>FLORA POCO ADAPTADA</i> | Coefficientes no estandarizados | Coefficientes tipificados | | | | |
| (Constante) | 1928800,3 | 2783292,5 | | 0,69 | 0,51 | NO |
| Superficie mantenimiento intensivo | 346072,49 | 165538,13 | 0,52 | 2,09 | 0,07 | SI |
| Superficie de césped | 47,99 | 31,67 | 0,41 | 1,52 | 0,16 | SI |
| Superficie de cubresuelos | 330,45 | 308,71 | 0,25 | 1,07 | 0,31 | NO |
| % Flora caducifolia | 19395,46 | 43129,74 | 0,11 | 0,45 | 0,66 | NO |
| % Flora exótica | -9998,6 | 41753,98 | -0,06 | -0,24 | 0,82 | NO |
| Variable dependiente | R | R² | R Ajustado | E.T.E | p (0,05) | SIG |
| COSTO MANTENCIÓN TOTAL | -0,56 | 0,31 | -0,60 | 6,15 | 0,92 | NO |
| Variables independientes
<i>PAISAJISMO SUSTENTABLE</i> | Coefficientes estandarizados | no | Coefficientes tipificados | | | |
| (Constante) | 8,66 | 20,47 | | 0,42 | 0,69 | NO |
| Adecuación biológica | 4,49 | 4,63 | 0,69 | 0,97 | 0,37 | NO |
| Índice de riqueza (S) | -0,19 | 0,20 | -0,47 | -0,92 | 0,39 | NO |
| Superficie de pavimentos duros | 0,00 | 0,00 | -0,26 | -0,58 | 0,58 | NO |
| Densidad vegetal arbustiva | 0,01 | 0,01 | 0,24 | 0,47 | 0,65 | NO |
| % Flora perennifolia | 0,10 | 0,25 | 0,30 | 0,41 | 0,70 | NO |
| Requerimientos hídricos | -0,76 | 2,93 | -0,14 | -0,26 | 0,80 | NO |
| % Flora nativa | 0,03 | 0,17 | 0,09 | 0,18 | 0,86 | NO |
| Superficie de pradera natural | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,15 | 0,88 | NO |

| Variable dependiente | R | R ² | R Ajustado | E.T.E | p (0,05) | SIG |
|--|--|----------------|----------------------------------|-------|----------|-----|
| COSTO MANTENCIÓN VEGETAL | -0,60 | 0,36 | -0,29 | 27429 | 0,77 | NO |
| Variables independientes
PAISAJISMO SUSTENTABLE | Coefficientes no estandarizados | | Coefficientes tipificados | | | |
| (Constante) | -3283352 | 8402315,6 | | -0,39 | 0,71 | NO |
| Adecuación biológica | 2883364 | 1926723,6 | 0,89 | 1,50 | 0,18 | SI |
| Densidad vegetal arbustiva | 5332,56 | 5464,91 | 0,44 | 0,98 | 0,36 | NO |
| Requerimientos hídricos | -966506,9 | 1290187,5 | -0,35 | -0,75 | 0,48 | NO |
| % Flora nativa | 30271,87 | 66154,89 | 0,19 | 0,46 | 0,66 | NO |
| % Flora perennifolia | 41232,99 | 108806,16 | 0,24 | 0,38 | 0,72 | NO |
| Índice de riqueza (S) | -18267,47 | 89869,61 | -0,09 | -0,20 | 0,84 | NO |
| Superficie de pradera natural | 4,83 | 56,62 | 0,03 | 0,09 | 0,93 | NO |

Tabla 66. Resumen de los valores de las variables y del indicador de paisajismo tradicional (Fuente: Elaboración propia)

| PARQUES | VARIABLES VEGETALES | | | | | | | | VARIABLES GENERALES | | | | TOTAL | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------|----------|-------|-------------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|-------------|-------|------------|-------|-----|------------|------|
| | % Total F.E. | | % Césped | | % Arb. Exo. | | % Man. Int. | | % Sup. Pav. | | % Sup. Inf. | | Mob./S up. | | VEG | GEN INDICE | |
| | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | V. R. | V. I. | | | |
| André Jarlan | 83 | 3 | 67 | 3 | 47 | 2 | 10 | 3 | 25 | 2 | 0, | 0 | 24 | 1 | 2, | 1, | 0,63 |
| Bernardo Leighton | 74 | 2 | 45 | 2 | 25 | 1 | 91 | 3 | 15 | 1 | 0, | 0 | 31 | 2 | 2, | 1, | 0,50 |
| Bicentenario Infancia | 69 | 2 | 1 | 0 | 75 | 3 | 69 | 2 | 75 | 3 | 10 | 3 | 15 | 3 | 1, | 3, | 0,79 |
| La Bandera | 93 | 3 | 44 | 2 | 52 | 3 | 10 | 3 | 46 | 2 | 1, | 0 | 36 | 2 | 7, | 1, | 0,68 |
| La Cañamera | 59 | 2 | 15 | 1 | 29 | 2 | 42 | 1 | 15 | 1 | 1, | 0 | 23 | 1 | 1, | 0, | 0,36 |
| La Castrina | 78 | 3 | 71 | 3 | 29 | 2 | 10 | 3 | 17 | 1 | 2, | 0 | 45 | 2 | 2, | 1, | 0,63 |
| Lo varas | 94 | 3 | 49 | 2 | 45 | 3 | 10 | 3 | 33 | 2 | 13 | 3 | 38 | 2 | 2, | 2, | 0,85 |
| Mapuhue | 95 | 3 | 42 | 2 | 22 | 1 | 92 | 3 | 26 | 2 | 3, | 1 | 16 | 0 | 2, | 1, | 0,54 |
| Quebrada Macul | 63 | 2 | 21 | 1 | 52 | 3 | 10 | 3 | 29 | 2 | 3, | 1 | 14 | 0 | 2, | 1, | 0,54 |
| Violeta Parra | 81 | 3 | 49 | 2 | 44 | 2 | 10 | 3 | 27 | 2 | 6, | 1 | 48 | 2 | 2, | 1, | 0,69 |
| Peñalolén | 56 | 2 | 16 | 1 | 12 | 0 | 92 | 3 | 27 | 2 | 2, | 0 | 12 | 0 | 1, | 0, | 0,36 |
| Cerro Blanco | 57 | 2 | 5 | 0 | 35 | 2 | 11 | 0 | 2 | 0 | 1, | 0 | 4 | 0 | 1, | 0, | 0,17 |
| Cerro Chena | 54 | 2 | 10 | 0 | 52 | 3 | 30 | 1 | 7 | 0 | 0, | 0 | 7 | 0 | 1, | 0, | 0,25 |
| Mahuidahue | 65 | 2 | 4 | 0 | 35 | 2 | 67 | 2 | 3 | 0 | 1, | 0 | 9 | 0 | 1, | 0, | 0,25 |
| Mapocho Poniente | 79 | 3 | 12 | 0 | 33 | 2 | 62 | 2 | 1 | 0 | 1, | 0 | 21 | 1 | 1, | 0, | 0,35 |

Tabla 67. Resumen de los valores ofertados por las empresas de mantenimiento para las principales labores de mantenimiento en la licitación del parque Cerros de Chena 2009 (menor costo de mantenimiento PPU) y Parque Lo Varas 2012 (Mayor costo de mantenimiento PPU) (Fuente: Elaboración propia).

| ITEM | Parque Cerros Chena 2009 (menor costo de mantención) | | | | Parque Lo Varas 2012 (mayor costo de mantención) | | | |
|--|--|--------------|--------------|--------------|--|--------------|--------------|-------------|
| | SIGVE
R | NUCP
AI | FRAYJ
OR | TEOME
N | SIGVE
R | NUCP
AI | PARJH
ON | TEOM
EN |
| Seguridad | 372000
0 | 356411
4 | 4570000 | 356411
4 | 33270
63 | 30348
04 | 311811
1 | 303480
4 |
| Mantención Vegetal | 280863
2 | 407319
5 | 3460000 | 280863
2 | 22154
50 | 11704
71 | 233280
0 | 110328
3 |
| Mantención Césped | 528970 | 423437 | 690000 | 423437 | 88800
0 | 75118
8 | 684000 | 684000 |
| Mantención Árboles y arbustos | 195491 | 364249 | 190000 | 190000 | 23100
0 | 10745
9 | 581200 | 107459 |
| Riego | 223695 | 157563
5 | 290000 | 223695 | 77300
0 | 50131 | 310000 | 50131 |
| Mantención General | 202800
8 | 388011
0 | 2975000 | 180667
5 | 15001
00 | 17307
38 | 104759
0 | 736180 |
| Aseo y Limpieza | 537529 | 252390
3 | 1400000 | 537529 | 10675
00 | 14220
58 | 200000 | 200000 |
| Mobiliario e infraestructura | 331333 | 252480 | 110000 | 110000 | 34560
0 | 29368
0 | 605090 | 293680 |
| Labores Permanentes | 127277
04 | 164468
73 | 1636993
8 | 122394
60 | 10958
945 | 92585
64 | 103042
42 | 819681
8 |
| Labores Estacionales | 544886
2 | 223402
1 | 5017028 | 223402
1 | 54919
1 | 37869
3 | 112528
1 | 378693 |
| Labores Ocasionales | 438068
0 | 666432
0 | 9015298 | 438068
0 | 63150
0 | 63150
0 | 631500 | 631500 |
| Utilidades (MENSUAL) | 855644 | 138209
0 | 1100000 | 855644 | 70426
1 | 71918
1 | 454895 | 454895 |
| Costo total de Mantención mensual | 225572
47 | 253452
14 | 3025391
0 | 188541
62 | 12139
637 | 10268
757 | 120610
23 | 920701
1 |
| Valor m ² mensual de parque | <u>84</u> | 94 | 112 | <u>70</u> | 867 | <u>733</u> | 862 | <u>658</u> |
| Porcentaje variación ofertas | 33,3 % (Oferta Mayor - Oferta menor) | | | | 18,2% (Oferta Mayor - Oferta Menor) | | | |
| Porcentaje disminución de costos | | | | | 20,0% | | | |
| | | | | | 11,4% | | | |

Tabla 68. Resumen de los valores ofertados por las empresas de mantenimiento para las principales labores de mantenimiento en dos licitaciones consecutivas del Parque Bernardo Leighton (2009-2011) adjudicadas por la empresa Siglo Verde (Fuente: Elaboración propia).

| ITEM | Parque Bernardo Leighton 2009 | | | | Parque Bernardo Leighton 2011 | | | | % variación |
|--|--|----------|----------|---------|-------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| | SIGVER | NUCPAI | FRAYJOR | TEOMEN | SIGVER | NUCPAI | FRAYJOR | TEOMEN | |
| Seguridad | 2974834 | 3489032 | 2296949 | 2296949 | 2648091 | 3505669 | 3040000 | 2648091 | -11,0 |
| Mantenimiento Vegetal | 922637 | 2921763 | 1520922 | 922637 | 2407882 | 2464765 | 3764000 | 2218524 | 161,0 |
| Mantenimiento Césped | 185830 | 544352 | 291000 | 185830 | 1041358 | 852000 | 1520000 | 852000 | 460,4 |
| Árboles y arbustos | 130258 | 231228 | 244000 | 130258 | 264464 | 300000 | 284000 | 264464 | 103,0 |
| Riego | 150000 | 1121592 | 378582 | 150000 | 141231 | 1017675 | 1350000 | 141231 | -5,8 |
| Mantenimiento General | 1396676 | 2544346 | 1189827 | 920079 | 2005605 | 2052468 | 2298000 | 1243388 | 43,6 |
| Asco y Limpieza | 433333 | 1593003 | 703081 | 433333 | 584926 | 1751950 | 1210000 | 584926 | 35,0 |
| Mobiliario –infraestructura | 444554 | 228983 | 162249 | 162249 | 990306 | 228089 | 998000 | 228089 | 122,8 |
| Labores Permanentes | 7875042 | 12320255 | 7448951 | 6580918 | 10504098 | 11838596 | 12997656 | 9552523 | 33,4 |
| Labores Estacionales | 3441317 | 781977 | 2750000 | 781977 | 1771350 | 742898 | 1164012 | 742898 | -48,5 |
| Labores Ocasionales | 1815196 | 1815196 | 1815196 | 1815196 | 1890655 | 1890655 | 1890655 | 1890655 | 4,2 |
| Utilidades | 529415 | 1035316 | 500770 | 500770 | 706158 | 1123206 | 1092240 | 706158 | 33,4 |
| Total Mantenimiento mensual | 13131555 | 14917427 | 12014147 | 9178090 | 14166103 | 14472148 | 16065178 | 12186076 | 7,9 |
| Valor m ² mensual de parque | 182 | 206 | 166 | 127 | 196 | 200 | 222 | 168 | 7,7 |
| % de variación entre licitaciones | Aumento del costo total de mantenimiento en un 7,7 % | | | | | | | | |
| Porcentaje variación ofertas | 24,1% | | | | 13,3% | | | | (Mayor - Menor) |
| % de disminución de costos | | | | | 43,3% | | | | 16,7% |

Tabla 69. Resumen y comparación de los costos de mantención unitarios (C.M.U.) entre el periodo 2012-2014 de los parques del PPU.

| PARQUES | C.M.U. 2012 | C.M.U. 2013 | C.M.U. 2014 | % Variación
2013-2012 | % Variación
2014-2013 | % Variación
2014-2012 | \$ Variación
2014-2012 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| André Jarlan | 226 | 235 | 228 | 4,2 | -3,1 | 0,9 | 2616000 |
| Bernardo Leighton | 180 | 209 | 192 | 16,3 | -8,3 | 6,7 | 10368000 |
| Bicentenario de la Infancia | 633 | 638 | 669 | 0,8 | 4,8 | 5,7 | 16848000 |
| Cerro Blanco | 90 | 105 | 104 | 16,3 | -0,7 | 15,6 | 29064000 |
| Cerro Chena | 84 | 78 | 133 | -7,6 | 71,4 | 58,3 | 162288000 |
| La Bandera | 323 | 338 | 350 | 4,7 | 3,5 | 8,4 | 29808000 |
| La Castrina | 238 | 293 | 141 | 23,2 | -51,9 | -40,8 | -81480000 |
| La Platina | 406 | 438 | 447 | 7,9 | 2,1 | 10,1 | 24600000 |
| Lo Varas | 700 | 716 | 985 | 2,3 | 37,6 | 40,7 | 47880000 |
| Mahuidahue | 144 | 142 | 316 | -1,7 | 123,2 | 119,4 | 218784000 |
| Mapocho Poniente | 135 | 173 | 171 | 28,1 | -1,1 | 26,7 | 55728000 |
| Mapuhue | 209 | 274 | 273 | 31,3 | -0,4 | 30,8 | 43988040 |
| Peñalolén | 242 | 103 | 185 | -57,3 | 79,1 | -23,6 | -119700000 |
| Quebrada Macul | 366 | 320 | 513 | -12,6 | 60,4 | 40,2 | 81144000 |
| Santa Mónica | 253 | 278 | 252 | 9,8 | -9,3 | -0,4 | -600000 |
| Violeta Parra | 581 | 544 | 834 | -6,4 | 53,4 | 43,5 | 75900000 |
| TOTAL PPU | | | | | | | 597236040 |
| PROMEDIO PUN | 113 | 124 | 181 | 9,7 | 45,7 | 59,8 | 116466000 |
| PROMEDIO PUT | 363 | 369 | 404 | 1,7 | 9,3 | 11,2 | 10947670 |
| PROMEDIO PPU | 301 | 312 | 351 | 3,7 | 12,7 | 16,9 | 37327253 |

Tabla 70. Comparación de los costos de mantención unitario (C.M.U) calculados según el IPC y su variación entre el 2013-2014 para los parques del PPU.

| PARQUES | C.M.U. 2013 IPC | C.M.U. 2014 IPC | % Variación IPC 2013-2012 | % Variación IPC 2014-2013 | \$ Variación IPC 2014-2013 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| André Jarlan | 230 | 243 | 2,5 | -6,3 | -12029603 |
| Bernardo Leighton | 183 | 216 | 14,6 | -11,5 | 2662917 |
| Bicentenario de la Infancia | 644 | 659 | -0,9 | 1,6 | 2170887 |
| Cerro Blanco | 92 | 108 | 14,6 | -3,9 | 19807199 |
| Cerro Chena | 85 | 80 | -9,3 | 68,2 | 148504463 |
| La Bandera | 328 | 349 | 3,0 | 0,3 | 12141006 |
| La Castrina | 242 | 302 | 21,5 | -55,1 | -91384836 |
| La Platina | 413 | 452 | 6,2 | -1,1 | 12531082 |
| Lo Varas | 712 | 739 | 0,6 | 34,4 | 42053626 |
| Mahuidahue | 146 | 146 | -3,4 | 120,0 | 209709125 |
| Mapocho Poniente | 137 | 178 | 26,4 | -4,3 | 45374295 |
| Mapuhue | 212 | 283 | 29,6 | -3,6 | 36915933 |
| Peñalolén | 246 | 107 | -59,0 | 75,9 | -144878261 |
| Quebrada Macul | 372 | 330 | -14,3 | 57,2 | 71134527 |
| Santa Mónica | 257 | 287 | 8,1 | -12,5 | -8120779 |
| Violeta Parra | 591 | 561 | -8,1 | 50,2 | 67264481 |
| Total PPU | | | | | 413856060 |
| PROMEDIO PUN | 115 | 128 | 7,1 | 45,0 | 423395081 |
| PROMEDIO PUT | 369 | 377 | 0,3 | 5,3 | -9539021 |
| PROMEDIO PPU | 306 | 315 | 2,0 | 14,7 | 413856060 |

Nota: El valor promedio de IPC para el periodo enero 2012 – enero 2013 arroja un valor de 1,7 y para el periodo de enero 2013- enero 2014, da un valor promedio anual de 3,2, según lo informado por INE (véase www.ine.cl).

Tabla 71. Matriz de datos de las principales variables generales, diseño, ecológicas, económicas, de gestión administrativa y sociales de los PUS en estudio.

| VARIABLES | PI | RA | SP | DP | CC | TW | AT | PD | CH | PC | EC | TS | TP | JB | MP | AP |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>GENERALES</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| País | ALE | ALE | ALE | AUS | CAN | CHI | ESP | ESP | ESP | ESP | USA | USA | USA | FRA | HOL | SUE |
| Ciudad | BRG | FRK | VER | MEL | TOR | TIJ | IRU | BIL | BAR | BAR | POR | POR | NYC | BOR | ALM | MAL |
| Temperatura media (°C año ⁻¹) | 8,9 | 8,4 | 9,1 | 14,8 | 6,6 | 12,4 | 14,3 | 14,1 | 16,5 | 16,5 | 11,1 | 11,1 | 12,1 | 12,7 | 9,2 | 8,1 |
| Pluviometría media (mm año ⁻¹) | 546 | 666 | 571 | 666 | 824 | 541 | 1302 | 1174 | 612 | 612 | 1001 | 1001 | 1144 | 971 | 796 | 612 |
| Año construcción | 2000 | 2002 | 1998 | 2002 | 2012 | 2006 | 2008 | 2002 | 2000 | 1998 | 2006 | 2005 | 2000 | 2000 | 2010 | 2001 |
| Tipología (urbano - periurbano) | PU | PU | PU | UR | UR | UR | UR | UR | PU | PU | UR | UR | UR | UR | UR | UR |
| <i>DISEÑO</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Superficie total (ha) | 17,1 | 7,7 | 18,0 | 2,5 | 3,8 | 20,0 | 3,0 | 1,2 | 2,0 | 9,7 | 1,0 | 0,45 | 0,8 | 4,2 | 1,8 | 2,9 |
| %Zonas recreativas | 25 | 18 | 4 | 45 | 25 | 5 | 22 | 5 | 6 | 38 | 35 | 23 | 13 | 21 | 8 | 23 |
| %Césped | 5 | | | 40 | 25 | 5 | 20 | 5 | 6 | | 25 | 18 | 10 | 21 | 8 | |
| %Pradera natural | 20 | 18 | 4 | | | | | | | 38 | | | | | | 23 |
| %Área de juegos infantiles | | | | 5 | | | 2 | | | | 10 | 5 | 3 | | | |
| %Zonas ecológicas | 52 | 41 | 90 | 44 | 52 | 72 | 60 | 60 | 47 | 32 | 35 | 35 | 59 | 42 | 44 | 57 |
| %Biotopos | | | | 30 | 34 | 65 | 45 | 27 | | | 35 | 26 | 59 | 30 | 40 | 32 |
| %Jardines xéricos | 10 | | | | | | 15 | 19 | 47 | | | | | | | |
| %Wetland | | | | 14 | | 7 | | | | | | 9 | | 12 | | 25 |
| %Blue áreas (agua) | | | | | 18 | | | 14 | | | | | | | 4 | |
| %Bosquete sucesional | 42 | 41 | 90 | | | | | | | 32 | | | | | | |
| %Superficies duras y caminos | 19 | 36 | 6 | 11 | 18 | 23 | 18 | 35 | 47 | 30 | 30 | 42 | 28 | 37 | 48 | 20 |
| %Instalaciones adicionales | 4 | 5 | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| <i>ECOLOGICAS</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aproximación ecológica | ECS | ECS | ECS | EEB | EEB | EEB | EEB | EEH | EEH | ECS | EEB | EEB | EEB | EEB | EEB | EEB |
| Adecuación bioclimática flora | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ |
| Uso de flora nativa | ++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | + | ++ | + | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | +++ |
| Conectividad con áreas verdes | +++ | +++ | ++ | + | ++ | ++ | + | + | + | ++ | + | + | ++ | ++ | +++ | +++ |

| Asociación elemento natural | CAG | CAG | BOU | CAG | CAG | SA | ECR | SA | ECR | SA | CAG | SA | CAG | SA | CAG | SA | CAG |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| % Cobertura vegetal total | 77 | 59 | 94 | 70 | 59 | 80 | 51 | 53 | 70 | 60 | 44 | 69 | 51 | 48 | 55 | 55 | 55 |
| Diseño revelador de procesos | + | +++ | +++ | ++ | ++ | + | + | + | ++ | ++ | +++ | +++ | ++ | + | ++ | + | ++ |
| ECONOMICAS Y DE GESTIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de construcción (MM \$) | 4,2 | 0,7 | 1,3 | 6,9 | 14,3 | 8,7 | 1,6 | 4,1 | 0,6 | 2,2 | 1,4 | 10,5 | 2,3 | 2,9 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |
| Costos de mantenimiento | ++ | + | 0 | ++ | ++ | ++ | + | + | + | + | + | + | ++ | + | ++ | + | + |
| Eficiencia energética | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reducción consumo hídrico | + | ++ | +++ | ++ | ++ | + | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| Luminarias LED y panel solar | + | + | + | ++ | +++ | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | + | +++ | + | +++ |
| Mobiliarios anti vandálicos | + | + | + | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| Gestión de residuos | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reciclaje | + | +++ | + | + | ++ | 0 | + | + | + | + | ++ | ++ | + | + | + | + | + |
| Reutilización de aguas grises | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | +++ | 0 | + | ++ | ++ | ++ |
| Reutilización de aguas de lluvia | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ | + | ++ | + | ++ | ++ | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| SOCIALES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Principales usos | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recreación y deportes | +++ | + | ++ | +++ | +++ | + | ++ | ++ | + | ++ | +++ | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ |
| Paseo y educación ambiental | ++ | +++ | +++ | + | ++ | + | + | + | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| Actividades físicas varias | + | + | 0 | ++ | ++ | ++ | + | + | ++ | + | + | + | + | + | + | + | ++ |
| Encuentro y esparcimiento | + | + | + | +++ | ++ | + | +++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Accesibilidad universal | + | + | + | + | ++ | ++ | ++ | + | + | + | ++ | + | + | + | ++ | ++ | ++ |
| Educación ambiental | + | +++ | + | 0 | ++ | ++ | + | 0 | + | + | ++ | ++ | +++ | 0 | + | + | + |
| Mantenimiento participativo | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | ++ | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| Arte urbano (esculturas y otros) | +++ | + | ++ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | + | + | +++ | ++ | + | 0 | ++ | 0 | ++ |

Nota: las siguientes abreviaturas se han empleado: 1) Aproximaciones ecológicas: Restauración (RES); Sucesión (SUC); Eficiencia energética (EFE).

2) Asociación elemento natural: Cuerpos de agua como humedales, lagos, lagunas, canales y ríos (CAG); Bosques y bosquetes urbanos (BOU); Cerros islas (CEI); Ecosistemas regionales periurbanos y relictos (ECR); Sin asociación (SA).

Tabla 72. Síntesis de las principales herramientas conceptuales interdisciplinarias aplicadas al diseño de un parque urbano sustentable.

| Disciplinas | Especialidad | Conceptos y herramientas | Aplicaciones en parques urbanos | Referencias |
|-------------------------|-----------------------|--|---|--|
| | Ecología del paisaje | Configuración del paisaje (Modelo parche matriz) | A escala de proyecto sirve como referencia para el diseño de los espacios y a nivel de ciudad permite potenciar un sistema áreas verdes interconectadas | Steiner, 2008; Forman, 2002; Pulliam y Johnson, 2002; Erdem, 2012; Cadenasso y Pickett, 2008; Assargard, 2011 |
| | | Ecosistema | Caracterizar la dinámica del mantenimiento del parque desde una aproximación proceso-funcional describiendo los flujos de materia-energía con el entorno | Newman y Jennings, 2008; Cook y Vanderzanden, 2011; Matlock y Morgan, 2011; Kendle et al., 2007; Hitchmough, y Dunnett, 2004; Niemelä et al., 2010 |
| | | Sistema ecológico | Análisis de las interacciones entre la comunidad, los usuarios y los sistemas vegetales y arquitectónicos del parque | Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013; Jorgensen, 2004; Roe y Rowe, 2007 |
| | | Servicios ecosistémicos | Análisis del funcionamiento del parque urbano desde la provisión de servicios ecosistémicos | Assargard, 2011; Carreiro y Zipperer, 2011; Berkes y Folke, 1998 |
| | | | | Bolund y Hunhammar, 1999; Borgström, 2003; Chiesura, 2004; Falcón, 2007; Hough, 2004; James, 2009; Salvador, 2003 |
| Ecología de ecosistemas | | Perturbaciones | Caracterizar las interacciones sociales con efectos negativos (vandalismo) y entender el mantenimiento como perturbaciones al sistema vegetal | Hitchmough, y Dunnett, 2004; Binelli et al., 2001; Hough, 2004; Pickett y White, 1985; Levin et al., 1998; Holling, 2001 |
| | | Resiliencia | Potenciar un diseño de parque urbano que favorezca la capacidad de reorganización tras perturbaciones | Zapata et al., 2012; Matlock y Morgan, 2011; Holling, 2001; Berkes et al. 2003 |
| | | Ciclo adaptativo | Comprender el mantenimiento en función de los ciclos adaptativos del sistema vegetal, para desarrollar un manejo alternativo al tradicional que favorezca el equilibrio ecológico dinámico del sistema vegetal | Beck, 2013; Holling, 2001; Lister, 2007; Hitchmough, y Dunnett, 2004; Walker et al., 2002; Carpenter et al., 2001; Abel et al., 2006 |
| | | Manejo ecosistémico | Manejar el parque urbano en base a criterios ecosistémicos, para favorecer un paisaje ecológico urbano dinámico (sustentable) en oposición al mantenimiento tradicional que mantiene un paisaje urbano estático que demanda recursos onerosos | van Hal y van Bueren, 2012; Duryea, 2001; Koningen, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Beck, 2013; Cadenasso y Pickett, 2008; Kendle et al., 2007 |
| Biogeografía | Formaciones vegetales | | Replicar en los parques las principales formaciones vegetales de la zona central de Chile (matorral y bosque esclerófilo; matorral esclerófilo andino; estepa alto-andina de la cordillera de Santiago) | Beck, 2013; Gajardo, 1994; Riedemann y Aldunate, 2003; Hoffman, 1978; Luebert y Pliscoff, 2006; Musalem et al., 2012; Fuentes, 1998; Arroyo et al., 2003 |
| | | | Seleccionar en base a las estrategias de vida las especies | Grime, 2006; Beck, 2013; Dunnett, 2004; |

| | | | |
|---------------------------|--|--|--|
| Ecología evolutiva | Modelo de Grime | mejor adaptadas a los diferentes ambientes del parque en función del stress y perturbaciones (mantenimiento) | Zimmermann, 2009 |
| Ecología de comunidades | Análisis fitosociológico (asociación florística) | Provee criterios para seleccionar conjuntos de especies vegetales que se encuentren asociadas en sus hábitats naturales, en coherencia con las formaciones biogeográficas descritas para la región | Beatley, 2010; Cranz y Boland, 2004; Hough, 2004; Falcón, 2007; Vanderzanden, 2011; Beck, 2013; Dunnett, 2004; Gajardo, 1994 |
| | Modelo de sucesión secundaria | Diseñar una estrategia de forestación basada en principios de la sucesión secundaria, sus objetivos y planes de manejo | Whitmore, 1978; Pickett y White, 1985; Hough, 2004; Kowarik y Langer, 2005; Kithn, 2006; Da y Song, 2008 |
| | Uso de energías renovables | Disminuir el consumo eléctrico mediante sistemas de luminarias y motobombas solares | EMELTA, 1999; Zimmermann, 2009; DPRNYC, 2012; ;Thompson y Sorvig, 2007; SIARQ, 2009; Falcón, 2007 |
| Eficiencia energética | Optimización del uso energético | Desarrollar un plan de uso eficiente de la energía, incluyendo conductas | William, 2007; Harrison y Swain, 2003; MINVU, 2009 |
| | Reducción consumo hídrico | Disminuir el uso de agua potable y reutilizar aguas grises para el riego y limpieza del parque | Falcón, 2007; OCUC, 2009; Thompson y Sorvig, 2007; Dell, 2009; Villalobos, 2010; Dinep y Schwab, 2010 |
| Diseño urbano sustentable | Manejo aguas lluvias | Aprovechar las aguas lluvias para el riego | Wong, 2006; DPRNYC, 2012; Gallet, 2001 |
| | Manejo de residuos | Reutilizar residuos orgánicos e inorgánicos | DPRNYC, 2012; ;Thompson y Sorvig, 2007; Dinep y Schwab, 2010 |
| Participación ciudadana | Planificación participativa | Incorporar a los usuarios en la planificación, diseño y programa de actividades a desarrollar en el parque | Flores-Xolocotzi, 2012; Falcón, 2007; Erntson et al., 2008; Forsyth y Musacchio, 2005; Vourinen, 2012 |
| Diseño ambiental | Monitoreo y mantenimiento | Fiscalización de los usuarios a la calidad del mantenimiento y propuesta de mejoras (satisfacción) | Erntson et al., 2008; Carmona et al., 2004; Vourinen, 2012; Amado et al., 2010 |
| | Seguridad ambiental | Mejorar la percepción de seguridad de los usuarios | Stamp III, 2005; Hein y Rau, 2007 |
| Educación ambiental | Accesibilidad universal | Fomentar el rol democrático e inclusivo de los parques | Boudeguer et al., 2010; Myerson, 2006 |
| | Aprendizaje ecológico | Educar y concientizar a los usuarios del parque en los procesos ecológicos urbanos y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la calidad de vida | Tunkey, 2008; Gortz- Reaves, 2010; Hough, 2004; Forsyth y Musacchio, 2005; Beatley, 2010; Montros et al., 200 |
| Arquitectura del paisaje | Criterios estéticos de diseño | Facilitar y realizar la interacción entre los usuarios del parque y el sistema vegetal, revelando los procesos ecológicos del sistema parque (permite contraste) | Aguiló, 2012; Avila et al. 2012; Kagan, 2011; Clément, 2012; ; Pop (Boancă) et al., 2011; Kingsbury, 2004; Meyer, 2008 |

Tabla 73. Interpretación ecológica de las labores de mantenimiento de un parque urbano

| Componente | Labor | Interpretación ecológica | Aproximación ecosistémica |
|---------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Suelo | Bimazón | Perturbación mecánica en las capas superficiales del suelo para aumentar los flujos de nutrientes y materiales (agua y aire e.g.) | Proceso - funcional, parque como ecosistema |
| Suelo | Compostaje | Aceleración en los procesos de descomposición, modificando el flujo de materiales y energía | Proceso- funcional, parque como ecosistema |
| Vegetal | Fertilización | Aumento de la disponibilidad de recursos (nutrientes) y de las tasas de incorporación al sistema vegetal. | Proceso- funcional, parque como ecosistema |
| Vegetal | Riego | Aumento de la disponibilidad de recursos (agua) y de las tasas de incorporación al sistema vegetal. | Proceso- funcional, parque como ecosistema |
| Vegetal | Aseo | Remoción de elementos inorgánicos que alteren la infiltración del suelo, por aumento de toxicidad (contaminantes); remoción de residuos orgánicos alterando la estructura del suelo e imposibilitando la formación de sotobosque (humus) | Proceso- funcional, parque como ecosistema |
| Vegetal | Control de plagas y malezas | Control de interacciones ecológicas interespecíficas negativas (parasitismo en plagas) para aumentar la supervivencia de las especies vegetales; control de la competencia mediante la eliminación de especies vegetales no deseadas (malezas) | Poblacional - comunitaria |
| Vegetal | Reposición | Control de los mecanismos de propagación y reproducción de las especies con el fin de mantener estáticas las poblaciones vegetales | (modificación de estructura de las comunidades), parque como ecosistema |
| Césped, praderas y cubresuelos | Resiembra | Incremento en la densidad poblacional de herbáceas modificando el ciclo de vida y las tasas de propagación, para resistir mejor stress y perturbaciones | Poblacional - comunitaria, parque como ecosistema |
| Césped, praderas y cubresuelos | Corte y orillado | Perturbación mecánica en el sistema foliar (similar a la herbivoría) para estimular el crecimiento vegetal y mantener un tamaño deseado de las herbáceas | Poblacional - comunitaria, parque como ecosistema |
| Árboles y arbustos | Podas de mantención | Perturbación mecánica en la estructura vegetal (similar a la herbivoría) para estimular el crecimiento y mantener un tamaño deseado de las especies leñosas | Poblacional - comunitaria, parque como ecosistema |
| Lagunas | Manejo | Remoción de residuos inorgánicos contaminantes, retención superficial del agua imposibilitando la infiltración al suelo (nylon aislante) y eliminación de comunidades biológicas (algas y vegetales) | Proceso- funcional / Poblacional- comunitaria, parque como ecosistema |
| Zonas forestales | Manejo | Control de las interacciones ecológicas interespecíficas negativas (Competencia, depredación y parasitismo); aumento del flujo de nutrientes y minimización de los regímenes de perturbaciones estacionales (control de incendios forestales) | Poblacional- comunitaria / Proceso- funcional, parque como ecosistema |
| Infraestructura, mobiliario y caminos | Aseo y limpieza | Modificación en el flujo de materiales y energía entre los componentes arquitectónicos, vegetales y usuarios por acción de la remoción mecánica de residuos orgánicos e inorgánicos para conservar el diseño original del parque en | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE), conformado por la interacción entre |

| | | sus componentes de mobiliario, infraestructura y caminos | comunidad (usuarios) y sistemas del parque |
|---|-----------------------|--|---|
| Pavimentos duros y blandos | Manejo | Modificación en el flujo de materiales y energía mediante la remoción de residuos y la reposición de materiales que conforman caminos y zonas de estar. | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Mobiliario e infraestructura | Manejo | Modificación de los flujos de materiales y energía mediante la remoción de residuos y la reposición de componentes alterados, sea por uso o por interacciones negativas con los usuarios (vandalismo), permitiendo el buen funcionamiento del parque. | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Mobiliario total e infraestructura | Pinturas | Modificación de los flujos de materiales y energía mediante la aplicación de materiales adicionales que protegen y conservan los componentes del parque | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Suelo, vegetal e infraestructura | Informes y monitoreos | Sistema de retroalimentación y control de la información que permiten conocer el estado del sistema parque y mejorar la capacidad adaptativa | Parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Sistema riego - eléctrico | Manejos específicos | Modificación de los flujos de materiales y energía, mediante la remoción y restauración de elementos que determinan los procesos de riego e iluminación | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Mobiliario total e infraestructura | Reposición general | Incorporación de nuevos elementos para reemplazar los elementos dañados y conservar los procesos existentes del componente arquitectónico que permiten el buen funcionamiento del parque. | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Todo el parque | Seguridad | Sistema de retroalimentación que mediante el servicio de seguridad permite incrementar la percepción de seguridad por parte de los usuarios y disminuir las interacciones negativas de algunos usuarios como el vandalismo que afectan a todo el sistema parque. | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |
| Todo el parque | Consumos básicos | Control en la conservación de flujos de materiales y energía (agua, electricidad y gas - calefacción-) que permiten el buen funcionamiento del parque | Proceso- funcional, parque como un sistema socioecológico (SSE) |

Tabla 74. Comparación entre los tipos de mantenimiento estándar de un parque urbano tradicional (PUT) y ecológico de un parque urbano sustentable (PUS)

| Factor de stress | Componente PUT | Mantenimiento PUT | Componente PUS | Efectos del diseño ecológico sobre los componentes del PUS | Mantenimiento PUS |
|--|---|--|--|--|---|
| Compactación y poca cantidad de nutrientes disponibles; Baja capacidad de infiltración; PH alterado ; Contaminación y Alteración de la textura del suelo | Suelo original de rellenos y mezclado con otros suelos ; Vegetación sin planificación ecológica | Binazón, aireación, Compostaje, relleno con suelos exóticos y fertilización | Suelo tratado previamente con técnicas de biorremediación ; Biotopos | Aumento de la capa de suelo por acumulación de materia orgánica (sotobosque), mejora de la infiltración y biodisponibilidad por agentes bacterianos. | Mantenimiento adaptativo, mejorar la materia orgánica incorporando biosólidos residuales de plantas de tratamientos de aguas servidas y no remover la materia orgánica vegetal presente. |
| Sequía, cambio climático y radiación solar intensa | Vegetación sin planificación ecológica | Riego permanente con diferentes sistemas de riegos (aspersión, manual y tecnificado por goteo) | Biotopos | Disminución del requerimiento hídrico de las especies vegetales, conservación de la humedad, levantamiento hidráulico radicular, efecto de sombra bajo el dosel de los árboles, disminución de la temperatura en micrositios arbustivos. | Aplicaciones de mulch y polímeros para retener humedad, reutilización de aguas grises para disminuir consumo de agua potable y sistema de riego por goteo automatizado según requerimientos hídricos de especie y evapotranspiración. |
| Interacciones sociales negativas (vandalismo y falta de apropiación) y contaminación vegetal | Vegetación sin planificación ecológica | Aseo permanente y limpieza vegetal | Biotopos | La estructura multicapa de los biotopos conforma una barrera natural que protege de la invasión antrópica, en coherencia con un diseño arquitectónico que potencie la conservación vegetal. | Aseo específico y en jornadas de limpieza participativa; educación ambiental acerca de los biotopos (zonas pasivas de conservación), su manejo y su importancia ecológica. |
| Flora invasora y agentes fitopatógenos | Vegetación sin planificación ecológica | Desbroce de malezas, aplicación de mulch, aplicación de herbicidas e insecticidas (fungicidas) | Biotopos | Disminución de los nichos por modificaciones de comunidad, mayor resistencia ante invasores y/o tolerancia a flora exótica de alta rusticidad; Incorporación de especies con estrategias de vida diferenciadas (Modelo de Grime) que consideren el uso de flora urbana espontánea (malezas). | Desbroce de flora no deseada en los bordes los biotopos; manejo de plagas ecológico (insectos benéficos) y mediante compuestos orgánicos de larga persistencia; control de la invasión de la flora urbana espontánea en senderos y bordes del parque. |

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
| <p>Destrozos antrópicos (similar a la herbivoría)</p> | <p>Vegetación sin planificación ecológica</p> | <p>Reposición de especies enfermas y dañadas, podas selectivas de mantenimiento</p> | <p>Biotopos</p> | <p>Protección y refugio contra la predación (vandalismo) mediante barreras naturales de matorrales (con espinas o densos); tasas naturales de reposición por efectos de colonización y sucesión secundaria de especies.</p> | <p>Se privilegiará la restauración sucesional sobre la reposición vegetal y se disminuirán las podas exclusivamente a senderos y árboles de sombra; se restringirá el acceso a los biotopos exclusivamente para paseo y observación científica de los usuarios.</p> |
| <p>Alteración mecánica del crecimiento por efecto del pisoteo, crecimiento mayor en aquellos sectores no sometidos a stress mecánico y alta desecación por stress hídrico</p> | <p>Césped, pradera natural y cubresuelos estéticos (flores y enredaderas)</p> | <p>Resiembra, Corte y orillado</p> | <p>Racionalización del césped y priorización de pradera natural; cubresuelos ecológicos y superficies blandas de bajo mantenimiento alternativas al césped (Gomas, sintético, deck de madera, etc)</p> | <p>La pradera natural es una mezcla de gramíneas y herbáceas presente de manera natural en el terreno, por lo que requiere labores mínimas para estimular su crecimiento, bastándose con la provisión de riego, aseo y corte regular; los cubresuelos integran el estrato herbáceo de los biotopos, siendo ecológicamente funcionales de manera análoga a los cubresuelos de las formaciones vegetales locales.</p> | <p>La frecuencia de corte, orillado y resiembra del césped estará dada por el nivel de calidad que se requiera (en algunos casos es posible restringir el riego y expresar la sucesión del césped); las superficies blandas requieren labores de aseo permanente y reposición ocasional; los cubresuelos se mantendrán orillados en aquellas zonas cercanas a caminos y bordes de zonas recreativas.</p> |
| <p>Contaminación de aguas, desecación por radiación solar intensa, proliferación de algas (eutroficación)</p> | <p>Lagunas sin función ecológica</p> | <p>Aseo y remoción de basura, vaciado y limpieza anual</p> | <p>Ecosistemas de humedal (humedales de fitodepuración)</p> | <p>Las lagunas se diseñaran como ecosistemas de humedal con diversificación de estratos vegetales y que puedan conformar un sistema de fitodepuración de aguas grises para regadío de biotopos; se privilegiaran sectores de alta densidad vegetal y restricción de acceso para la nidificación de aves; además la recreación de tramas tróficas (peces e insectos) potenciará la aparición de agentes biológicos controladores de algas acuáticas.</p> | <p>Se monitoreará permanentemente la calidad de aguas y se limitará el ingreso de nutrientes que incrementen las poblaciones de algas; se harán remociones mecánicas de algas y controles ecológicos, en el caso de ser necesarios, pero se evitará la limpieza y vaciado de la laguna, para no alterar la estructura y dinámica del ecosistema.</p> |

Tabla 75. Recomendaciones de sustentabilidad, disminución de costos asociada y valores empleados para la simulación del mantenimiento

| Labor
mantención | Recomendaciones | Ahorro
estimado
(%) | Valor
referencial
modelo | Valor
promedio
PPU | Referencias |
|------------------------|--|---------------------------|--|--|--|
| Seguridad | La cohesión social en un vecindario favorece la seguridad y sustentabilidad. Mediante un diseño ambiental para la protección comunitaria (CPTED), que incluye elementos como iluminación adecuada, campos visuales despejados, diseño atractivo y eliminación de escondites se puede fomentar la vigilancia natural, disminuyendo los gastos de seguridad privada en un espacio público. | 12% | \$ 710,2
m ² año ⁻¹ | \$ 804,9
m ² año ⁻¹ | Beumer, 2010; Stamp III, 2005; Hein y Rau, 2007. |
| Consumos
básicos | El riego sustentable deberá priorizar fuentes alternativas al uso de agua potable (MAP), como reutilización de aguas grises, manejo de aguas lluvias, aguas de pozo profundo, entre otros. Los parques que utilizan el sistema de pozo profundo como fuente principal de agua tienen un consumo menor de agua potable (MAP), en comparación a los parques que no tienen pozo profundo. | 62% | \$ 186,0
m ² año ⁻¹ | \$ 498,7
m ² año ⁻¹ | Falcón, 2007; OCUC, 2009; Cabello, 2010; Thompson y Sorvig, 2007; Dell, 2009; Villalobos, 2010; Wong, 2006; Cantuarias, 2004; Braatz y Kandiah, 1996; DPRNYC, 2012; Cabello, 2010; OCUC, 2009; Zamorano, 2010; Houbg, 2004; Wong, 2006; Lara, 2009; Liagas y Chafloque, 2006; Dziedzic, 2012; Nouri et al., 2013 |
| Recursos
Eléctricos | Los humedales de fitodepuración de aguas grises permiten generar hábitats especialmente ricos para la avifauna urbana nidificante, contribuyendo al incremento de la biodiversidad y brindando oportunidades para la educación ambiental.
Técnicas de xeropaisajismo como el uso de polímeros y mulch de cortezas ayudan a retener la humedad del suelo, sumado al uso de vegetación xérica de bajo requerimiento hídrico | | | | Harrison y Swain, 2003; Villalobos, 2010; Parraguez, 2013; Illanes, 2013; SIARQ, 2009; EMELTA, 1999; Zimmermann, 2009 |
| Labores
Ocasionales | Incorporar el uso de energías renovables, específicamente energía solar, mediante paneles solares que alimenten las bombas del sistema de riego; uso de bombillas LED de bajo consumo y luminarias LED con panel solar incorporado; plan maestro de iluminación que diferencie los horarios y zonas de iluminación, para disminuir consumo eléctrico.
Los procesos de regeneración de los jardines sucesionales permiten disminuir los costos de reposición de especies; asimismo, una comunidad que participa activamente de jornadas de limpiezas participativas, tiende a valorar más el parque, por lo que se disminuye el gasto en reparación y reposición de elementos por efectos del vandalismo, a mayor educación menores son los efectos del vandalismo. Cabe señalar que se espera que los costos ocasionales disminuyan con el transcurso del tiempo. | 25 % | \$ 235,8
m ² año ⁻¹ | \$ 314,4
m ² año ⁻¹ | MINVU, 2009; Beumer, 2010; Monroe et al., 2005; Amado et al., 2010; Berkes y Folke, 1998; Carreiro y Zipperer, 2011; Vourinen, 2012; Carmona et al., 2004; Ernstson et al., 2008 |
| Labores | El uso de compost de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas | 25 % | \$ 137,4 | \$ 183,2 | Mason et al., 2014; Arata, |

| | | | | | |
|----------------------------------|---|------|--|--|--|
| estacionales | <p>servidas permite un aumento de la disponibilidad de materia orgánica, nitrógeno y otros nutrientes que estimulan un rápido crecimiento de la vegetación, mejorando la respiración bacteriana y los procesos de ciclaje de nutrientes, asimismo es utilizado ampliamente para remediar suelos contaminados con metales pesados como plomo (Pb), esto permitiría disminuir las fertilizaciones estacionales y fomentar un vigor vegetal sustentable con el manejo de residuos.</p> <p>Las pinturas deberán tener una base orgánica, ser antigrafitis y también se deberá evaluar la inclusión de los usuarios en esta labor.</p> <p>Los pavimentos blandos del tipo gravilla y maicillo, deberán disminuirse, y ser reemplazados por superficies duras. Las labores ocasionales también disminuirán a medida que el sistema se establezca.</p> | | m ² año ⁻¹ | m ² año ⁻¹ | <p>2008; Van Ham et al., 2000; Scharenbroch et al., 2013; Brown, et al., 2003; Varela et al., 2011; Dágner y Paolo, 2005; Erazo, 2007; Boen y Haraldsen, 2011; Farfel et al., 2005; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011; Dunnett y Clayden, 2007; Dinep y Schwab 2010; VanDerZanden y Cook, 2010</p> |
| Mantenimiento Vegetal | <p>La vegetación del parque se diseñara desde una perspectiva ecosistémica, conformando un conjunto integrado de biotopos representativos de los paisajes locales, en conjunto con zonas sucesionales de flora urbana espontánea y vegetación funcional. Se privilegiara las zonas de pradera natural por sobre el césped tradicional. Se potenciará mediante técnicas ecológicas que la dinámica del ecosistema alcance un estadio de climax o maduro donde se manifiesten procesos de automantenimiento.</p> | 59 % | \$ 3292,0 m ² año ⁻¹ | \$ 1343,0 m ² año ⁻¹ | <p>Lorca, 1989; Muscaccio, 2009; Dascal, 1994; Falcón, 2007; Hough, 2004; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013</p> |
| Mantenimiento césped | <p>Racionalizar las superficies de césped en áreas acotadas (evitar las grandes praderas tipo campo golf) y que no sobrepasen el 25 % de la superficie total del parque; utilizar mezclas resistentes al pisoteo y la sequía (mezcla de <i>Cynodon dactylon</i> y <i>Lolium perenne</i>); investigar sobre la factibilidad de dejar zonas de césped con diversos tamaños de corte y niveles de riego, para determinar cuál es la más óptima según su uso, preferir maquinaria automatizada para las labores de mantenimiento. Reemplazar el césped por otro tipo de superficies que cumplan una función social y recreativa similar y que requieran un mantenimiento menor, como la pradera natural, gomas sintéticas para las zonas recreativas de niños, césped sintético, deck de madera o superficies duras lúdicas y con mobiliario urbano innovador y cómodo (hardscape).</p> | 88% | \$ 276,0 m ² año ⁻¹ | \$ 2358,0 m ² año ⁻¹ | <p>Muscaccio, 2009; Dascal, 1994; Falcón, 2007; Hough, 2004; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Beck, 2013; Kingsbury, 2004; Dziedzic, 2012; Medina y Gumper, 2004; Musick, 2013; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011</p> |
| Mantenimiento Árboles y arbustos | <p>Las condiciones de un biotopo generan que el sistema conserve humedad y nutrientes debido a la formación de suelo (hojarasca y sotobosque), reduciendo los gastos en riego y fertilizaciones; las podas se restringen a los árboles aledaños a caminos e infraestructura, también es importante conservar los procesos naturales de ruptura de biomasa vegetal al interior del biotopo, para la generación del suelo; la regeneración por mecanismos reproductivos evita los gastos de reposición, para ello se</p> | 60% | \$ 6216,0 m ² año ⁻¹ | \$ 2486,0 m ² año ⁻¹ | <p>Da y Song, 2008; Hough, 2004; Miyawaki, 1998; Dunnet y Hitchmough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Forsyth y Musacchio, 2005; Fujiwara, 1997; Wang et al., 2002; Da, 2004; Beck, 2013</p> |

| | | | | | |
|------------------------------|--|-----|---|--|--|
| Mantenión cubresuelos | <p>deberán potenciar los ensambles comunitarios entre polinizadores. El mantenimiento será mínimo, principalmente aseo, después de 10 años de establecimiento del biotopo (autosustentabilidad ecosistema maduro).</p> <p>Los cubresuelos detentan un elevado costo de mantención debido a las labores permanentes requeridas de riego, fertilización, corte y orillado, reposición y limpieza. Esto se debe a que principalmente están constituidos por especies de herbáceas anuales y flores anuales no adaptadas al clima de la región, se propone reemplazar los cubresuelos ornamentales por praderas y cubresuelos nativos adaptados a las condiciones urbanas, incluso considerar la posibilidad de reemplazarlos por flora urbana espontánea.</p> | 84% | \$ 1135,0
m ² año ⁻¹ | \$ 22702,0
m ² año ⁻¹ | Hough, 2004; Dunnet y Hitchmough, 2004; Beck, 2013; Pop (Boancă) et al., 2011; Dasca, 1994; Clément, 2012; Kingsbury, 2004; Avila et al. 2012; Tredici, 2010 |
| Mantenión Praderas naturales | <p>Las praderas naturales se componen de gramíneas y herbáceas bien adaptadas a las condiciones naturales del sitio, puesto que se desarrollan de manera espontánea, éstas se pueden potenciar adicionando especies del tipo stress tolerante como las especies de cespitosas <i>Cynodon dactylon</i> y <i>Lolium perenne</i> que resisten intenso pisoteo, condiciones de sequía y radiación solar intensa. Los costos de mantención disminuyen, en comparación al aseo, debido a que las labores se limitan al riego, aseo y recorte periódico. Es necesario estudiar la posibilidad de incluir praderas naturales con distinta altura de corte y regímenes de riego, por ejemplo el PUS Parc Calamot, en Barcelona mantiene las praderas naturales a altura corta y permite la transición sucesional de éstas (césped amarillo seco), ahorrando una gran cantidad de agua y estimulando la biodiversidad local, ya que las praderas naturales albergan mayor cantidad de insectos y aves que el césped tradicional.</p> | 50% | \$ 201,0
m ² año ⁻¹ | \$ 401,0
m ² año ⁻¹ | Dunnet y Hitchmough, 2004; Beck, 2013; Dasca, 1994; Lorca, 1989; Zimmerman et al., 2011; Kühn, 2006; Dunnett, 2011; Gustavsson, 2005; Hitchmough y Woudstra, 1999; Wilcox et al., 2007; Fuentealba, 2012 |
| Mantenión riego | <p>Los parques que riegan con sistema de pozo profundo requieren una mayor mantención en el sistema de bombas, a diferencias de los parques que se riegan con MAP. La automatización del sistema de riego, mediante micropipetas de goteo, aspersores automáticos y sensores higrométricos permiten disminuir las labores manuales de riego y el consumo de agua, sumado a un plan de eficiencia hídrica que mediante el empleo de un balance hídrico basado en la evapotranspiración (medida con sensores de aire y suelo) y el diseño de hidrozonas (zonas de riego diferenciado) se puede optimizar el riego. Sin embargo una restricción es el efecto del vandalismo sobre los componentes del sistema de riego, por lo que es imprescindible la sensibilización y participación ciudadana de los usuarios de los parques. Mediante sombreadores y parasoles</p> | 50% | \$ 175,0
m ² año ⁻¹ | \$ 88,0
m ² año ⁻¹ | Muscacchio, 2009; Falcón, 2007; Hough, 2004; Cook y Vanderzanden, 2011; Thompson y Sorvig, 2007; Zimmerman et al., 2011; Dinep y Schwab 2010; Dell, 2009; Kjelgren et al., 2000; Ferguson, 1987; Carrow, 2006; OCUC, 2009; |

| | | | | | |
|------------------------------|---|-----|--|---|---|
| Mantención Binazón del suelo | <p>artificiales desmontables se puede generar sombra en los estadios tempranos para conservar la humedad, también se pueden generar sistemas de rociadores humidificadores asociados al mobiliario urbano.</p> <p>Los tratamientos de biorremediación del suelo mediante el uso de compost de biosólidos y carbono inerte, mejoran la cantidad y disposición de nutrientes como N, K, P y la MO (materia orgánica) disponible, asimismo la lombricultura, contribuye a mantener los suelos estructuralmente aireados, con una densidad de grano menor, en comparación a un suelo urbano compactado, sumado a lo anterior la formación de hojarasca, reactiva los procesos ecológicos de ciclado de nutrientes y biodiversidad de las comunidades de detritívoros (insectos, bacterias y hongos), disponibles en el suelo, por lo que las labores de binazón y aireación mecánicas se minimizan considerablemente.</p> | 80% | \$ 111,0 m ² año ⁻¹ | \$ 22,0 m ² año ⁻¹ | Brown, et al., 2003 ; Dágner y Paolo, 2005; Varelaa et al., 2011;Castro et al., 2007; Farfel et al., 2005 ; Boen y Haraldsen, 2011;Pavao-Zuckerman, 2008;McDonnell et al., 2008;Giusquiani et al., 1995;Pouyat, 2007;Gronffman et al., 2006;Kaye et al., 2005; Scharenbroch et al., 2005;Jim, 1998;Millward et al., 2011; Bae y Ryu, 2015;Luo et al., 2014;Takahashi et al., 2008 |
| Mantención compostaje | <p>Los residuos urbanos generados por los usuarios se utilizaran con los restos vegetales de las zonas de recreación para generar compost, en las zonas de biotopo no se removerán los restos vegetales, sino que se dejaran los procesos de formación de hojarasca. Se aplicará compost para mejorar la disponibilidad de nutrientes de los suelos sometidos a un mayor régimen de stress según el plan diferenciado de manejo de suelos del parque, el análisis del contenido de compost permitirá definir la traza y cantidad de metales pesados provenientes de residuos urbanos. En el transcurso del tiempo, se irán disminuyendo la aplicación de compost.</p> | 70% | \$ 81,0 m ² año ⁻¹ | \$ 24,0 m ² año ⁻¹ | Varelaa et al., 2011;Castro et al., 2007; Farfel et al., 2005 ; Boen y Haraldsen, 2011;Pavao-Zuckerman, 2008;McDonnell et al., 2008; Jim, 1998;Millward et al., 2011; Bae y Ryu, 2015;Luo et al., 2014;Takahashi et al., 2008 |
| Mantención Control de Plagas | <p>Se favorecerá una estrategia de prevención de plagas, debido a la estructura de la composición vegetal de los biotopos, se incrementará el vigor fitosanitario de las especies vegetales, por disminución de perturbaciones y stress hídrico, siendo más resistentes a plagas. En el caso de ser afectados por plagas, se realizará un control mecánico combinado con un manejo orgánico natural de plagas y control biológico por efecto de insectos benéficos, que no alteren la estructura de los ensamblajes polinizadores y las interacciones planta-animal en el parque. Es necesario evitar el uso de plaguicidas químicos de alta toxicidad.</p> | 80% | \$ 1780,0 m ² año ⁻¹ | \$ 356,0 m ² año ⁻¹ | Ehrenfeld, 2008; Pop (Boancá) et al., 2011;Tredici, 2010;Kowarik y Kömer, 2005;Kowarik y Langer, 2005;Kühn, 2006;de NEEF et al., 2008;Kowarik, 2008;Lira et al., 2008 |

| | | | | | |
|----------------------------------|--|-------|--|--|---|
| Mantenimiento control de malezas | Las malezas se consideraran como un componente ecológico conformado por la flora urbana espontanea, flora adveniza invasiva y otras especies altamente adaptadas a las condiciones urbanas, por lo que más que combatir con ellas, se integraran en algunas zonas de manejo sucesional del parque, en donde predominen las estrategias de vida (Grime) de especies tolerantes al stress y el mantenimiento sea nulo. En los casos de que este componente preexistente de la flora amenace la estructura comunitaria de un biotopo, se procederá a remover por efectos mecánicos (desbroce) y se reducirán los nichos, incorporando biopolímeros de retención de humedad al suelo y densificando las comunidades vegetales de los biotopos. Se evitará el uso de sustancias químicas plaguicidas de alta toxicidad y efectos ambientales. | 80% | \$ 70,0 m ² año ⁻¹ | \$ 14,0 m ² año ⁻¹ | Ehrenfeld, 2008; Pop (Boancă) et al., 2011; Tredici, 2010; Kowarik y Körner, 2005; Kowarik y Langer, 2005; Kühn, 2006; de NEEF et al., 2008; Kowarik, 2008; Lira et al., 2008; Ugarte et al., 2011; Gómez, 1999; Ramírez et al., 2000; Chirillo, 2008 |
| Mantenimiento podas | Las podas tienen como función la limpieza de ramas no deseadas (riesgo de caída e interferencia con otros componentes del parque) y sometidas a plagas, estimular el crecimiento vegetal y regeneración; además de lograr una forma particular en el desarrollo inicial de la especie arbórea. Se evitarán las podas de las especies arbustivas y arbóreas que conformen los biotopos, para que mediante los procesos ecológicos se produzca la ruptura de ramas espontanea, contribuyendo a la formación de hojarasca y suelo, solo se intervendrán los árboles más externos de los biotopos y que tienen directo contacto con los senderos e infraestructura del parque. | 80% | \$ 222,0 m ² año ⁻¹ | \$ 44,0 m ² año ⁻¹ | Kowarik y Langer, 2005; Kühn, 2006; Lira et al., 2008; Miyawaki, 2008; Hu y Wan, 2013; Zhang, 2001; Da y Song, 2008; Prach y Pyšek, 2001 |
| Mantenimiento lagunas | Los ecosistemas de humedales que se utilicen para la fitodepuración de aguas grises, deberán ser monitoreados periódicamente sobre la comunidad de plantas filtradoras, estados de los filtros del sistema, generación de olores no deseables y acumulación de residuos orgánicos, para efectuar las reparaciones y limpiezas de mantenimiento necesaria para la estabilidad y funcionamiento del ecosistema. El sistema vegetal deberá ser diseñado según los objetivos de depuración y la características de las aguas grises y otras fuentes de ingreso al sistema (aguas lluvias), poniendo énfasis en impedir la acumulación de nutrientes que incrementen las poblaciones de algas, para evitar la eutrofización. En caso de presencia importante de algas se aplicarán controles biológicos con fauna limnica (macroinvertebrados o peces) que consuman dichas algas o controles mecánicos. Los costos de mantenimiento serán mayores en un comienzo que una laguna tradicional, pero al cabo de los primeros 5 años de establecimiento se amortizaran y comenzarán a disminuir, una vez establecido el ecosistema. | -252% | \$ 1702,0 m ² año ⁻¹ | \$ 6000,0 m ² año ⁻¹ | Vymazal, 2002; Tshirinzis et al., 2007; Weiss et al., 2007; Haberi, 1999; Tao et al., 2014; Gersberg et al., 1986; Masi y Martinuzzi, 2007; Li et al., 2009; Shutes, 2001; Zhang et al., 2009; kivaisi, 2001; Otterpohl et al., 1997 |

| | | | | | |
|--|--|-----|---|--|--|
| Mantenimiento general | Incorporar principios de accesibilidad universal en los accesos e instalaciones del parque; promover mobiliario urbano resistente al vandalismo, de fácil mantenimiento y reposición y que realce el patrimonio del lugar. Diversificar la materialidad empleada en superficies preservando los criterios de resistencia y fácil mantenimiento | 55% | \$ 1915,0
m ² año ⁻¹ | \$ 861,0
m ² año ⁻¹ | MINVU, 2009; Falcón, 2007; Hough, 1998; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008 |
| Mantenimiento pavimentos duros y blandos | Los pavimentos duros tienen un costo de mantención 4,5 mayor que los pavimentos blandos, conformados principalmente por maicillo, sin embargo, los nuevos pavimentos de gomas tienen un costo menor de mantención que los blandos, ya que no necesitan reposición del material estacionalmente. Se plantea disminuir la superficie de pavimentos a una máximo de 25 % total, preferir pavimentos duros de bajo mantenimiento (alta durabilidad), bajo costo de reposición y fácil limpieza, también es posible generar combinación de diversos materiales según la zonificación del parque, por lo que pavimentos del tipo deck (madera) podrían emplearse en los alrededores de lagunas y senderos internos de exploración de los biotopos. También es necesario ampliar la paleta cromática para la pintura de los asfaltos y circulaciones, de esa manera se contribuiría a generar un espacio más lúdico y con una diferenciación programática acentuada. Con el sentido de apropiación los costos de limpieza disminuirán en el tiempo. | 20% | \$ 432,0
m ² año ⁻¹ | \$ 346,0
m ² año ⁻¹ | MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dascal, 1994; Hough, 1998; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Kandle et al., 2007; Zimmerman et al., 2011; Wathne, 2010; Mika, 2014; VanDerZanden, 2001; Pederson, 2012; Meijer et al., 2011 |
| Mantenimiento aseo y limpieza general | La limpieza general abarca tanto la limpieza del componente vegetal y del componente arquitectónico, esta es una labor permanente que requiere una gran cantidad de esfuerzo puesto que la calidad visual del parque dependerá en gran medida en el grado de limpieza de las instalaciones, circulaciones y caminos. Promover jornadas de limpieza participativa para incluir a los vecinos y usuarios en la mantención del parque es una estrategia que se utiliza en diversos PUS, de USA e Inglaterra, principalmente, de esta manera los usuarios se involucran directamente con la mantención del parque reforzando el sentido de apropiación lo que contribuirá a disminuir los gastos en limpieza por remoción de residuos; también es importante generar conciencia sobre el reciclaje y fomentar su praxis, mostrando los ahorros económicos generados por el reciclaje al interior del parque. Una alternativa menos convencional es dejar de mantener limpio un pequeño sector del parque, para que la gente compare y tome conciencia del impacto antrópico. | 20% | \$ 409,0
m ² año ⁻¹ | \$ 327,0
m ² año ⁻¹ | Cranz y Boland, 2004; Beatley, 2010; DPRNYC, 2012; Garces et al., 2002; Geng et al., 2010; Gandy, 2014; ; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Zimmerman et al., 2011; Wathne, 2010; Meijer et al., 2011;Ernstson et al., 2008 |

| | | | | | |
|---------------------------------|---|-----|---|--|--|
| Mantenimiento mobiliario urbano | El mobiliario urbano es un elemento clave pues genera confort brindando sentido e identidad al espacio público, por lo que se recomienda el codiseño con los futuros usuarios. Se deberá optimizar el uso de pinturas y materiales no tóxicos y de baja huella ecológica (adaptados regionalmente), asimismo se deberán respetar los criterios de fácil mantenimiento (limpieza) y reparación (pocas piezas), disminuyendo los costos de restauración por uso intensivo y vandalismo. Los sectores de uso más intensivo del parque favorecerán mobiliario urbano estándar de fácil reposición, en aquellos sectores menos intensivos se privilegiará el mobiliario personalizado. La densidad de mobiliario será acorde al número de usuarios proyectados y la capacidad de carga del parque. | 75% | \$ 47093,0
m ² año ⁻¹ | \$ 11773,0
m ² año ⁻¹ | DPRNYC, 2012; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Wathne, 2010; Gouvea y Mont'Alvão, 2013; Sanches y Frankel, 2010; Ewing et al., 2006; Yücel, 2013 |
| Mantenimiento Juegos deportivos | Los juegos deportivos se instalarán en estaciones de ejercicios con un circuito diseñado para el mejor acondicionamiento físico, segmentado por edades (niños, jóvenes, adultos y adultos mayores), con sus respectivos paneles informativos. Los juegos deportivos deben ser resistentes al alto impacto e intensidad de uso y se deberá ensayar nuevas aplicaciones que generen energía eléctrica a partir del movimiento mecánico, en el caso de escaladores, bicicletas estáticas, bandas trotadoras y otros, la energía generada se almacenará en baterías para ser incorporada a la matriz energética del parque. | 20% | \$ 215874,0
m ² año ⁻¹ | \$ 172699
m ² año ⁻¹ | DPRNYC, 2012; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Orta, 2006; Wathne, 2010; Ewing et al., 2006; Yücel, 2013 |
| Mantenimiento Juegos infantiles | Se propone reemplazar los juegos infantiles tradicionales por zonas de juegos ambientales (natural área de juegos infantiles) con diferentes módulos que interactúan con materiales reciclados y elementos naturales (neumáticos, charcos, objetos móviles, troncos de madera, superficies de colores, volúmenes esculturales y piedras, etc.). Se ha demostrado que las natural área de juegos infantiles potencian las habilidades sociales, conciencia ambiental y la creatividad en los niños, ya que se estructuran en torno a juegos de rol que requieren mayor desarrollo de imaginación y participación a diferencia de los juegos tradicionales, por eso es importante que el diseño generó una pauta y los elementos adecuados para el desarrollo de juegos de rol. Asimismo, se ha constatado que el tiempo de permanencia infantil en las áreas de juegos ambientales es mayor que en las zonas de juego tradicionales. | 80% | \$ 103562,0
m ² año ⁻¹ | \$ 20712,0
m ² año ⁻¹ | Loomis, 2008; Maxey, 1999; Vega y Ruiz, 2011; Meyer, 2012; Fjærtøft, 2004; Fjærtøft y Sagele, 2000; Fjærtøft, 2001; Wathne, 2010; Yücel, 2013 |
| Mantenimiento infraestructura | La infraestructura son todas aquellos elementos construidos que contribuyen al desarrollo normal de las funciones del parque (rejas, canaletas, barandas, puentes peatonales, muros, etc), como principio | 50% | \$ 4168,0
m ² año ⁻¹ | \$ 2084,0
m ² año ⁻¹ | MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dascal, 1994; Hough, 1998; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; |

| | | | | | |
|--|--|------------|---|---|---|
| | <p>general se preferirán materiales con baja huella ecológica y de la región, pero que sean resistentes al uso y vandalismo, las pinturas y superficies antigraffiti resultan una buena alternativa para reducir costos.</p> | | | | <p>Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Kendle et al., 2007; Zimmerman et al., 2011</p> |
| <p>Mantenimiento edificaciones</p> | <p>Implementar diseños bioclimáticos que puedan ser certificados por el sistema LEED, u otro similar, y que cumplan con las normas de gestión ambiental ISO 14001. Incorporar principios de accesibilidad universal en los accesos e instalaciones del parque. Diseñar y gestionar arriendo de salas y edificaciones a organizaciones de la sociedad civil, a un mínimo costo para contribuir a la limpieza.</p> | <p>50%</p> | <p>\$ 21035,0
m²año⁻¹</p> | <p>\$ 10517,0
m²año⁻¹</p> | <p>MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010 Kendle et al., 2007; Zimmerman et al., 2011; Roe y Rowe, 2007</p> |
| <p>Mantenimiento Sistema riego-eléctrico</p> | <p>Favorecer los accesos a las instalaciones de los sistemas de riego, iluminación y salas de bombas, para facilitar la mantención de estos. En el sistema eléctrico se deberá establecer un comando central en donde se almacene y distribuya la energía generada por los paneles solares e híbridos con turbinas eólicas, a los diferentes instalaciones del parque, además de un plan maestro de iluminación que optimice el recurso y evite la contaminación por exceso de luminosidad; se deberán plantear metas y objetivos para disminuir el uso de la red eléctrica. Las salas de bombas del sistema de riego y todas las instalaciones de cañería deberán ser protegidas contra el vandalismo, ya sea por acceso restringido con clave de seguridad para la sala de bombas y tuberías soterradas para los sistemas de riego, los elementos menores como pipetas, aspersores y sensores de humedad, deberán ser camuflados y el riego automáticamente deberá programarse para las primeras horas del día, antes de la apertura a los usuarios, o durante la noche.</p> | <p>50%</p> | <p>\$ 110,0
m²año⁻¹</p> | <p>\$ 55,0
m²año⁻¹</p> | <p>MINVU, 2009; Falcón, 2007; Dinep y Schwab, 2010; MINVU, 2002; Thompson y Sorvig, 2007; Ingels, 2009; Dell, 2009; VanDerZanden y Cook, 2010; Krauel y Noden, 2008; Dunnett y Clayden, 2007; Kendle et al., 2007; Zimmerman et al., 2011; Nouri et al., 2013; Kjelgren et al., 2000 ; Ferguson, 1987; Orta, 2006</p> |

Tabla 76. Variables del modelo, coeficientes de determinación lineal, valor de probabilidad y porcentajes de incrementos anuales (I.A.) e intertificaciones (I.L.)

| Ítem costo mantención | Variable lineal | Valor PUT | Valor PUS | R ² | p-valor (0,25) | % I.A. PUT | % I.A. PUS | % I.L. PUT | % I.L. PUS |
|----------------------------|------------------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|------------|------------|------------|------------|
| Seguridad | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,02 | 0,60 | 0,035 | 0,035 | 0,15 | 0,05 |
| Labores ocasionales | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,22 | 0,08 | 0,035 | 0,035 | 0,08 | 0,05 |
| Labores estacionales | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,05 | 0,00 | 0,035 | 0,035 | 0,1 | 0,05 |
| Consumos básicos | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,00 | 0,75 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| Césped | Superficie (m ²) | 8400 | 3000 | 0,33 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,1 | 0,05 |
| Árboles y arbustos | Unidad | 570 | 1709 | 0,22 | 0,04 | 0,03 | -0,01 | 0,1 | -0,1 |
| Cubresuelos | Superficie (m ²) | 630 | 2000 | 0,17 | 0,12 | -0,03 | -0,01 | 0,1 | -0,1 |
| Praderas naturales | Superficie (m ²) | 4000 | 3000 | 0,17 | 0,30 | 0,03 | -0,01 | -0,1 | -0,1 |
| Riego | Superficie (m ²) | 15000 | 14000 | 0,13 | 0,19 | 0,03 | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| Binazón del suelo | Superficie (m ²) | 10000 | 16000 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | -0,01 | 0,1 | -0,1 |
| Control de plagas | Superficie (m ²) | 10000 | 16000 | 0,28 | 0,04 | 0,03 | -0,01 | 0,15 | -0,05 |
| Control de malezas | Superficie (m ²) | 10000 | 16000 | 0,31 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,15 | -0,05 |
| Compostaje | Superficie (m ²) | 10000 | 16000 | 0,05 | 0,49 | -0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,1 |
| Podas árboles y arbustos | Unidad | 570 | 1709 | 0,06 | 0,38 | 0,15 | -0,01 | 0,1 | -0,1 |
| Laguna | Superficie (m ²) | 2000 | 2000 | 0,99 | 0,00 | -0,05 | -0,08 | 0,1 | -0,05 |
| Pavimentos duros y blandos | Superficie (m ²) | 5400 | 4000 | 0,45 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,08 |
| Aseo general | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,00 | 0,85 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Mobiliario urbano | Unidad | 52 | 44 | 0,05 | 0,41 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Juegos deportivos | Unidad | 15 | 15 | 0,01 | 0,76 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Juegos infantiles | Unidad | 15 | 15 | 0,01 | 0,76 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Infraestructura | Superficie (m ²) | 1000 | 1000 | 0,19 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Edificaciones | Superficie (m ²) | 400 | 600 | 0,48 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Sistema riego -eléctrico | Superficie (m ²) | 20000 | 20000 | 0,12 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |