



**Concept Paper – Segundo Trimestre – MID 2014**

**Javiera Badilla**

**Rafael Salas**

**Nils Reichhard**

## **Abstract**

El siguiente documento sirve como respaldo para el desarrollo de *T Project*, una propuesta de estructura urbana destinada a aumentar la vegetación disponible en la comuna de Peñalolén y por consiguiente contribuir a la calidad de vida de sus habitantes, disminuyendo los índices de contaminación atmosférica y mejorando la percepción que tienen los vecinos de sus barrios. Frente a la pregunta: ¿Cómo podríamos aumentar la superficie de biomasa disponible en espacios urbanos limitados para mitigar la contaminación del aire? nace nuestro proyecto de diseño.

Desde un diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra la ciudad y un análisis de las actuales medidas dirigidas a combatir este problema, expondremos las fortalezas y desafíos del proyecto, tomando en cuenta referentes internacionales, propuestas hechas en otros países y los avances tecnológicos que se han desarrollado para combatir la contaminación en la actualidad.

## **Problemática**

¿Cómo podríamos aumentar la superficie de biomasa disponible en espacios urbanos limitados para mitigar contaminación del aire?

## **Racional**

Desde hace décadas, la calidad del aire en la ciudad de Santiago ha sido una de las principales preocupaciones para las autoridades y ciudadanos en general (O’Ryan & Larraguibel, 2000). Si bien es un problema de conocimiento común, la solución de este está lejos de serlo, principalmente por la gran cantidad de variables que es necesario considerar tanto para su diagnóstico como para las posibles soluciones (O’Ryan & Larraguibel, 2000). A pesar de que los índices de contaminación, determinados con el Índice de Calidad del Aire Referido a Partículas (ICAP), han disminuido con los años, aún siguen estando por sobre lo recomendado, alcanzando niveles críticos en ciertas oportunidades (Pérez, 2006)<sup>1</sup>. Estos niveles se ubican, según la Intendencia de Santiago, en los siguientes rangos: 0 – 99: BUENO; 100 – 199: REGULAR; 200 – 299: ALERTA; 300 – 499: PREEMERGENCIA; 500 – superior: EMERGENCIA. Sólo en los primeros ocho meses del año 2014, se decretaron 22 episodios de alerta ambiental en la región metropolitana, lo que evidencia la necesidad de desarrollar alternativas más efectivas para enfrentar la mala calidad del aire, sobre todo si tomamos en cuenta que una de sus principales causas es la urbanización desmedida y poco planificada de la ciudad, lo que transforma este tema en una problema no sólo técnico, sino que también social y político (Romero & Fuentes, 2010). En este sentido,

---

<sup>1</sup> [http://www.lainsignia.org/2006/junio/ibe\\_038.htm](http://www.lainsignia.org/2006/junio/ibe_038.htm)

la Organización Mundial de la Salud estima que la contaminación atmosférica es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras al año en Chile, lo que se traduce en gastos cercanos a los US\$ 670 millones anuales, vinculados a gastos médicos y pérdida de productividad laboral (De la Maza & Serrano, 2013). Por otro lado, y de acuerdo a la normativa nacional vigente, el cuidado y mantenimiento de áreas verdes en la ciudad es responsabilidad de cada municipio, lo que genera importantes diferencias en la realidad de estos espacios entre una comuna y otra (De la Maza & Serrano, 2013), principalmente porque los costos de mantención de áreas verdes hacen que se produzca una distribución bastante irregular de estas entre distintos puntos de la ciudad (Escobedo & Nowak, 2006). De esta forma, se está en presencia de un problema a escala de ciudad (mala calidad del aire), donde una de sus principales fuentes mitigadoras (biomasa disponible) es administrada a escala de comuna. Si bien en el caso de Peñalolén se ha trabajado para mejorar esta realidad, reforestando la zona con especies nativas (a través del programa Crece Verde), el espacio limitado de ciertas calles y pasajes de la comuna ha impedido que esta iniciativa alcance a todos los vecinos, ya que dificulta los cuidados, instalación y capacidad de desarrollo necesarios para mantener una cobertura vegetal adecuada (Barrera, 2014). Según datos de la municipalidad de Peñalolén, la tasa de mortalidad de árboles plantados en calles de la comuna alcanza un 60% al cabo de tres años, lo que sitúa a este como uno de los principales problemas a resolver por los municipios en materia medio ambiental (Departamento Medio Ambiente Peñalolén, 2010)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> [www.creceverde.cl/el-proyecto](http://www.creceverde.cl/el-proyecto)

## Marco Conceptual

Los principales componentes de la contaminación atmosférica de Santiago se denominan “contaminantes criterio”, e incluyen el material particulado total en suspensión (PTS), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y plomo (Pb) (O’Ryan & Larraguibel, 2000), los cuales provienen de la actividad industrial, el flujo de vehículos motorizados y la combustión a leña principalmente. Al año, estas diversas fuentes contaminantes emiten cerca de 4.600 toneladas de material particulado a la atmósfera (Valencia, 2014)<sup>3</sup>. Las condiciones geográficas de la ciudad (valle central) y el tipo de clima mediterráneo hacen que esta nube de compuestos se presente de forma más crítica en ciertos sectores, debido a la altura de la inversión térmica y la velocidad de los vientos, lo que produce un transporte de contaminantes (Peralta, 2009). Sin embargo, esta realidad no responde netamente a condiciones climatológicas, también se puede ver una correlación entre sectores con mayor deficiencia en la calidad del aire y un bajo nivel socioeconómico, situación que coincide con la poca existencia de biomasa disponible en estos sectores de menores ingresos (Romero & Fuentes, 2010). Diversas medidas se han puesto en marcha para contrarrestar esta realidad, siendo la más importante el desarrollo del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), impulsado en 1998, y que buscó desarrollar una intervención integral del problema, atacando el comportamiento industrial y vehicular, incorporando el uso de tecnologías y revisando la composición de los combustibles disponibles (Barton & Jordan, 2007). Si bien estas

---

<sup>3</sup> <http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2014-06-15&dtB=29-08-2014%2000:00:00&PaginaId=8&bodyid=3>

medidas han presentado mejoras, otros factores no han permitido que se alcancen resultados satisfactorios, como el gran aumento del parque automotriz en el último tiempo (Sariego & Ramírez, 2012). De esta forma, las medidas adoptadas hacia mejoras ambientales aparecen sesgadas a favor de las disciplinas naturales (aumento de la cobertura arbórea, disminución de emisiones contaminantes), pero no toman en cuenta problemas sociales o políticos, resultando en informes académicos o técnicos que no afectan mayormente la toma de decisiones (Romero & Fuentes, 2010). Es el caso del “Programa de arborización: Un chileno, un árbol”, que hace un fuerte énfasis en la plantación de especies vegetales, pero no contempla las dificultades administrativas, en cuanto a costos de mantención, que enfrentan los municipios para transformar esta propuesta en un proyecto sostenible.

Se puede afirmar, que una buena cobertura arbórea dentro de la ciudad es capaz de reducir la contaminación ambiental, a la vez que entrega una serie de beneficios que mejoran la calidad de vida de las personas (Dominguez & Jungmann, 2010). La biomasa disponible y las áreas verdes en general, son los principales agentes descontaminantes con los que cuenta el espacio urbano, donde se estima que la vegetación puede absorber cerca de 1,0 kg/m<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub> al año y los componentes de un área verde determinada pueden filtrar alrededor de 50 t/ha de material particulado del aire a través de su follaje (Peralta, 2009). Esto significa, a grandes rasgos, que el arbolado urbano de Santiago descontamina en promedio 0,7% y 3% del total de contaminantes atmosféricos de la ciudad durante los meses de julio y octubre-mayo respectivamente (Dominguez & Jungmann, 2010). Actualmente, se estima que Santiago cuenta con cerca de 7 millones árboles, cifra muy

lejana de las recomendaciones internacionales (El Mercurio, 2009)<sup>4</sup>. Según la OMS por cada habitante se debería contar con entre 3 y 4 arbustos, por lo que el Gran Santiago se encuentra con un déficit de entre 12 y 14 millones de árboles (Villegas, 2013)<sup>5</sup>.

El crecimiento acelerado de la ciudad y las necesidades de urbanización, han hecho que la capa de vegetación con la que cuenta el paisaje urbano cambie drásticamente con el paso del tiempo (Wu, 2014). Las áreas verdes se han incorporado a la ciudad para recuperar estos espacios naturales, pero las edificaciones, calles y autopistas han transformado el hábitat natural de estas especies, por lo que sólo aquellas especies capaces de soportar estas condiciones de stress pueden sobrevivir en este ambiente (Dominguez & Jungmann, 2010). Los problemas de espacio dentro de un sistema urbano y cómo estos se distribuyen con el crecimiento de la urbe han sido explorados ampliamente desde la ecología urbana (Wu, 2014). Al hablar de un espacio limitado, pensamos en cómo la densidad poblacional de una zona afecta su normal desarrollo, entregando una “buena vida urbana”, y en cómo la ciudad puede soportar una cierta cantidad de carga poblacional máxima (Martínez, 2010). De esta forma, la densidad pasa a ser un factor esencial de la definición de centro urbano, el cual expondría límites superiores e inferiores dentro de los cuales se encontraría una densidad poblacional óptima, en el sentido de que maximiza la utilización de los recursos disponibles en esa zona (Martínez, 2010). Específicamente, estos límites corresponden a 250 viviendas/Ha (<500-750 hab./Ha) para densidades subóptimas, entre 250 y 500

---

<sup>4</sup> <http://diario.elmercurio.com/detalle/index.asp?id={5cadb37f-b45c-4683-b71e-91396ae2863c}>

<sup>5</sup> <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2013/08/680-536676-9-repondran-el-20-de-deficit-de-arboles-en-la-region-metropolitana.shtml>

viviendas/Ha (500-1500 hab./Ha) para densidades óptimas y un valor superior a 500 viviendas/Ha (>1000-1500 hab./Ha) para densidades excesivas (Martínez, 2010).

Diversas iniciativas se han puesto en marcha para abordar los problemas antes mencionados. Singapur ha sido una de las ciudades pioneras en este sentido, donde la preocupación por un desarrollo urbano sustentable ha existido incluso desde antes de que fuera una problemática mundial, impulsando la primera campaña para la plantación de árboles en 1963 (Tan & Wang, 2013). De esta forma, luego de cinco décadas adoptando medidas para crear espacios verdes y sustentables dentro de la ciudad, se puede concluir que las estrategias en esta materia se deben enfocar no sólo a una cobertura arbórea heterogénea, sino que también a una ciudad más ecológica, donde la cobertura de áreas verdes es sólo una de las variables a considerar (Tan & Wang, 2013). A nivel local, además de las campañas de arborización impulsadas por el gobierno y el antes mencionado PPDA, se han incorporado las fachadas verdes como una tendencia arquitectónica, combinando elementos estéticos con eficiencia energética y un positivo impacto medioambiental (Puga, 2012). Si bien existen empresas dedicadas a este servicio en Chile y se han visto casos con buenos resultados como el del edificio Consorcio, la viabilidad económica de estos proyectos ha hecho que muchos no lleguen a buen fin, tomando en cuenta que los valores varían entre 6 y 10 UF por  $\text{m}^2$ , por lo que es una solución efectiva pero poco escalable (Puga, 2012). Otras alternativas han demostrado ser efectivas en devolver la presencia de áreas verdes a lugares donde se había perdido. Es el caso del parque MFO en Zurich, Suiza, donde se recuperó un espacio industrial abandonado para crear áreas de vegetación (Matthews & Winter, 2010). A través de la instalación de cables,



y utilizando las mismas instalaciones de la fábrica abandonada, se impulsó el crecimiento de distintas especies de plantas trepadoras y enredaderas, formando una verdadera cobertura vegetal que utilizaba las estructuras como esqueleto, lo que convirtió este espacio perdido en un lugar de esparcimiento y uso público (Matthews & Winter, 2010). Siguiendo la línea de un desarrollo urbano sustentable, surge la propuesta de Urban Parasol, una estructura modular autosuficiente capaz de instalarse en distintos puntos de la ciudad, que tiene como principales características el regular la temperatura del lugar donde se encuentra, iluminar el espacio y proporcionar un ambiente acogedor que facilite las interacciones sociales, como una forma de mejorar el estilo de vida a nivel de ciudad (Urban Parasol, 2013).

### **Descripción del proyecto de Tesis**

La propuesta de *T Project* se basa en una estructura modular inteligente compuesta de una unidad básica en forma de barra y una articulación que permita la unión de varias unidades, la cual será capaz de incorporar vegetación y adaptarse a lugares específicos dentro de la ciudad, donde la presencia de biomasa es limitada, ya sea por factores de espacio, planificación o stress medioambiental, que afecten la supervivencia de las especies vegetales. La inteligencia de la estructura, viene dada por su capacidad de adaptarse a las necesidades específicas de cada espacio, gracias a su construcción modular y el tipo de articulaciones diseñadas, que permiten direccionar la construcción de esta. Adicionalmente, se propone que esta construcción pueda reemplazar la función lumínica que actualmente

cumplen los postes de luz en las calles, como una forma de optimizar el espacio utilizado. Esto, gracias a la instalación de paneles con iluminación LED en partes determinadas de la estructura, que serán alimentados por paneles solares ubicados en la parte superior de la estructura, los cuales cumplirán una doble función: almacenar energía y proyectar sombra hacia el piso, ayudando así también a regular la temperatura del área. Utilizando la variedad vegetal Hedera Helix (comúnmente conocida como Hiedra), se puede recrear el follaje de un árbol y cubrir esta estructura, con el fin de aumentar la biomasa disponible en la zona. Esta especie vegetal ha demostrado tener un comportamiento similar al de las hojas de los árboles en cuanto a su función descontaminante y se ha probado efectiva en la retención de polvo y material particulado, generando beneficios para la salud de las personas (Sternberg & Viles, 2010). Para el desarrollo de esta estructura se investigó sobre formas que nos permitieran instalar una estructura sólida, pero a la vez flexible. Es así, como a través de un proceso de iteración se llegó a la definición de una unidad básica en forma de barra triangular y una unión o articulación esférica que permitiera guiar el crecimiento de la estructura de acuerdo fuera necesario. Utilizando software de modelación 3D (Rhinoceros y Grasshopper), se realizaron simulaciones y modelos para estudiar la resistencia de distintos tipos de materiales y cómo estos se adaptaban mejor a los objetivos del proyecto.

## Bibliografía

1. Barrera, R., 2014, Entrevista informal, Grabación de Audio, fuente personal.
2. Barton, J., Jordan, R., Mabel, S. & Solis, O., 2007, “*¿Cuán sustentable es la Región Metropolitana de Santiago? Metodologías de evaluación de la sustentabilidad*”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Documento de proyecto.
3. De la Maza, C. & Serrano, M., 2013, “*Primer reporte del estado del Medio Ambiente*”, Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
4. Domínguez, J., Jungmann, R., Miranda, M., Vargas, A., Irrarrázabal, R. & Peña, R., 2010, “*Forestación urbana, una alternativa real para combatir la contaminación ambiental*”, Centro de Políticas Públicas UC, Propuestas para Chile concurso Políticas Públicas 2009.
5. El Mercurio, 2009, “*Estudio de la UC detecta un déficit de entre 12 y 14 millones de árboles en Gran Santiago*”, El Mercurio, 25 de Noviembre de 2009, Nacional. Sitio web: <http://diario.elmercurio.com/detalle/index.asp?id={5cadb37f-b45c-4683-b71e-91396ae2863c}>
6. Escobedo, F., Nowak, J., Wagner, J., De la Maza, C., Rodríguez, M., Crane, D. & Hernández, J., 2006, “*The socioeconomics and management of Santiago de Chile’s public urban forests*”, Urban Forestry & Greening, pp. 105-114.
7. Martínez, M., 2010, “*Una perspectiva sociológica y urbanística acerca de las densidades sociales en el centro urbano*”, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Sociología II.

8. Matthews, J. & Winter, M., 2010, “*MFO Park, Zurich, Switzerland*”, Raderschall Landschaftsarchitekten AG + Burckhardt & Partner AG.
9. Municipalidad de Peñalolén, Proyecto “*Peñalolén Crece Verde*”, 2010. Sitio web: <http://www.creceverde.cl/>
10. O’Ryan, R., Larraguibel, L., 2000, “*Contaminación del aire en Santiago: Estado actual y soluciones*”, Perspectivas en Política, Economía y Gestión, vol. 4, no. 1.
11. Peralta, H., 2009, “*Contribución a las estrategias de descontaminación atmosférica considerando el aporte de Compuestos Orgánicos Volátiles Biogénicos emitidos por especies arbóreas nativas en la Región Metropolitana*”, Universidad de Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental.
12. Pérez, A., (2006), “*El esmog ahoga Santiago*”, La insignia. Sitio web: [http://www.lainsignia.org/2006/junio/ibe\\_038.htA](http://www.lainsignia.org/2006/junio/ibe_038.htA).
13. Puga, F., 2012, “*Fachadas Verdes. Una forma de devolver el verde a la ciudad*”, Revista dConstrucción, 01 de Junio de 2012. Sitio web: <http://www.dconstruccion.cl/?p=7441>
14. Romero, H., Fuentes, C. & Smith, P., 2010, “*Ecología Política de los riesgos naturales y de la contaminación en Santiago de Chile: necesidad de justicia ambiental*”, Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, vol. XIV, no. 331.
15. Sariego, M. & Ramírez, N., 2012, “*Parque de vehículos en circulación 2011*”, Instituto Nacional de Estadísticas Chile (INE), Subdirección de Operaciones,

Subdepartamento de Estadísticas de Transporte y Comunicaciones, Publicación anual.

16. Sternberg, T., Viles, H., Cathersides, A., 2011, “*Evaluating the role of ivy (Hedera helix) in moderating wall surface microclimates and contributing to the bioprotection of historic buildings*”, *Building and Environment*, vol. 46, pp. 293-297.
17. Tan, P. Y., Wangb, J. & Sia, A., 2013, “*Perspectives on five decades of the urban greening of Singapore*”, *Cities*, vol. 32, pp. 24-32.
18. Urban Parasol, 2013. Sitio web: <http://urbanparasol.org/>
19. Valencia, M., 2014, “*Radiografía a la contaminación atmosférica de Santiago: 80% la generan leña y transporte*”, *El Mercurio*, 15 de Junio de 2014, C8. Sitio web: <http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2014-06-15&dtB=29-08-2014%200:00:00&PaginaId=8&bodyid=3>
20. Villegas, D., 2013, “*Repondrán el 20% de déficit de árboles en la Región Metropolitana*”, *La Tercera*, 07 de Agosto de 2013, Nacional. Sitio web: <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2013/08/680-536676-9-repondran-el-20-de-deficit-de-arboles-en-la-region-metropolitana.shtml>
21. Wu, J., 2014, “*Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions*”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 125, pp. 209-221.