

# **V Congreso de Administración y Tecnología para el Diseño**

---

**Nuevas tecnologías  
sustentables en la  
arquitectura del paisaje**

**Mtro. Alejandro Cabeza Pérez  
Dra. Olinka González Mejía**



**NUEVAS TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES EN LA ARQUITECTURA DE PAISAJE.****Mtro. Alejandro Cabeza Pérez**

Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal, Facultad de Arquitectura  
correo: alejandro.cabeza@gmail.com

**Dra. Olinka González Mejía**

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México, Distrito Federal  
Departamento del Medio Ambiente  
correo: an\_mej@yahoo.com.mx,

**RESUMEN**

El artículo aborda como objetivo el uso potencial de eco-tecnologías sustentables en el diseño de arquitectura de paisaje, bajo un enfoque teórico-práctico accesible sobre el funcionamiento de algunas de ellas, aplicadas en el proyecto del Bioparque Urbano San Antonio ubicado en Delegación Álvaro Obregón de la Ciudad de México, obra conjunta de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Coordinación de Vinculación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México; cuyo objetivo principal fue rescatar un espacio en la trama urbana, para darle una nueva función social, cultural y ambiental; este lugar fue utilizado como banco de material, cementera y posteriormente como tiradero de desperdicios.

Los resultados exponen algunas de las eco-tecnologías aplicadas en el diseño paisajístico del Bioparque como: la integración de recursos físico-ambientales del sitio; uso de vegetación de bajo mantenimiento; canalización y tratamiento de agua pluvial hacia el lago artificial; utilización de agua tratada en servicios sanitarios con posibilidad de extenderse a riego; aprovechamiento de energía solar en iluminación fotovoltaica exterior-interior; estabilización de suelos de desecho; re-uso de concreto hidráulico en pavimentos; reciclaje de contenedores y utilización de lixiviados de composta para fertilización foliar. Como conclusiones se exponen la factibilidad de integrar las anteriores eco-tecnologías al diseño paisajístico, en los aspectos físico-ambientales, económico y socio- culturales; y evaluar los beneficios de su aplicación con una visión hacia la sustentabilidad.

**PALABRAS CLAVE**

1.-Tecnología, 2.- Sustentable, 3.-Diseño, 4.- Paisajismo.

## INTRODUCCIÓN

La arquitectura es una disciplina amplia y diversa que permite el desarrollo específico de ramas como la arquitectura de paisaje, la cual implica la relación de conocimientos de varias disciplinas, para poder realizar un proyecto conceptual y arquitectónico de manera satisfactoria, o como se aborda en el presente trabajo para dar soluciones sustentables en el diseño paisajístico del “Bioparque Urbano San Antonio”; en el cual, se planteó la incorporación de eco-tecnologías al diseño para revitalizar un espacio público, con una visión que parte de la comprensión de los diferentes aspectos que integran el lugar tanto sociales, culturales, urbanos como ambientales, para proponer diferentes espacios que brindarán al usuario confort y alternativas de uso. A partir de las condiciones que imperaban en el sitio, y considerar que las ventajas y desventajas de la aplicación de estas eco-tecnologías tanto en la parte técnica de construcción como en su funcionamiento, se evaluará a lo largo del desarrollo de la obra, que se encuentra actualmente en la primera etapa de ejecución.

El proyecto del Bioparque, se localiza en la calle Avenida Central No.300, Colonia Carola; en la Delegación Álvaro Obregón de la Ciudad de México (Ver fig.1). Y nace de la iniciativa de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que conjunta un equipo multidisciplinar a través de la Coordinación de Vinculación de la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Arquitectura, encabezados y coordinados por el Arquitecto Paisajista Alejandro Cabeza, cuyo equipo brinda las facilidades para acceder a la información y utilizarla con fines de difusión.



**Figura 1: Localización-ubicación proyecto Bioparque Urbano San Antonio.  
Avenida Central no.300, Colonia Carola; Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México.  
Referencia: Foto aérea GoogleEarth, 2010.**

Los objetivos del proyecto del Bioparque fueron la reutilización de un predio abandonado y brindar a la comunidad un espacio recreativo, que respetara los antecedentes sociales y culturales de la zona y mejorara las condiciones medioambientales. El proyecto ocupó un predio de cinco y medio hectáreas, ocupado por la empresa de Cementos Tolteca, como estación de control de calidad y logística de entrega y reparto de concreto premezclado y posteriormente como tiradero de desperdicios; por lo cual la contaminación del suelo en los primeros estratos se encontraba en un rango de medio a alto<sup>1</sup>.

Los alcances que se propusieron para el desarrollo del proyecto ejecutivo fueron:

- Diagnóstico e identificación del potencial de desarrollo
- Elaboración de un Plan Conceptual.
- Plan preliminar como Plan Maestro y anteproyectos específicos.
- Proyecto Ejecutivo.

Para comprender qué es el diseño de un parque público y cómo se interrelaciona con la traza urbana y la reutilización sustentable de un espacio urbano, se realizará una breve síntesis de cómo surgió el diseño de paisaje en el espacio público y cómo se conecta con el concepto de sustentabilidad; para después continuar con los aspectos de diseño y eco-tecnologías que integraron el diseño del Bioparque Urbano San Antonio.

### **Antecedentes del Diseño Paisajístico**

Los primeros asentamientos humanos surgen en Medio Oriente, específicamente en Mesopotamia, dando origen al urbanismo, la manipulación de los elementos naturales y construidos dieron origen a las primeras ciudades bajo una organización espacial, social, política y económica. Dentro de estos espacios habitables se encontraban los jardines, espacios contenidos dedicados a la domesticación de especies vegetales a través de su cultivo con fines productivos, ornamentales y recreativos. También surgen en Egipto en sus emplazamientos urbanos, religiosos y funerarios con un fin productivo, recreativo, escenográfico y monumental. Este tipo de sitios son el antecedente del paisajismo, al delimitar, manipular y diseñar un espacio abierto de forma organizada.

En Europa, los espacios semipúblicos y públicos se interrelacionan con los modelos urbanos para crear espacios abiertos, que cumplieran con el objetivo de proporcionar una infraestructura y equipamiento adecuados para el desarrollo de la vida urbana; por ejemplo el Ágora en Grecia y el Foro Romano.

---

1 Información extraída de la Memoria Técnico Descriptiva del Proyecto Arquitectónico y de Paisaje del "Bioparque Urbano San Antonio", Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), elaborado por equipo y coordinado por Arq. Alejandro Cabeza, pp. 1, 2 y 5.

Posteriormente en la Edad Media, se dan los asentamientos amurallados, el diseño de paisaje se dedicó al jardín del claustro, y sus patrones geométricos y simétricos son inspiración de los diseños de los siglos XVIII y XIX.

En el Renacimiento, el jardín privado sufre una transformación donde sus secciones son convertidas en jardines públicos, dándose nuevos diseños que se interrelacionaron con escuelas de paisajismo y que imitaron a la naturaleza para crear espacios recreativos de costo accesible. La Revolución Industrial (siglo XIX) trajo consigo cambios políticos y socio-económicos, y en consecuencia transformaciones en el medioambiente. En los modelos urbanos se integran diversas funciones para hacer ciudades autónomas, donde el espacio verde está en proporción del construido.

Los parques públicos del siglo XIX, actuaron como medida de mitigación del impacto ambiental, urbano y social causado por la Revolución Industrial. Los primeros modelos se dan en Inglaterra (Birkenhead Park 1820, Victoria Park 1841) que tenían como objetivo aprovechar los recursos naturales y modificarlos para crear un lugar que relaciona el diseño paisajístico con la recreación saludable, concepto que fue exportado a otras ciudades de Europa y América; y que evolucionaron en conceptos relacionados actualmente con la tecnología sustentable como “ciudad verde”, “ciudad jardín” y “arquitectura verde”, tales modelos comprenden la interrelación del espacio urbano-ambiente, para aprovechar, consumir y rescatar los recursos, a la vez que buscaba reciclar y optimizar el manejo de desechos generados (principio de sustentabilidad).

La entrada formal de la arquitectura de paisaje en América, se da a finales del siglo XIX, específicamente en los Estados Unidos de Norteamérica, con la creación de Parques Nacionales y parques urbanos, basados en la preservación de recursos naturales, la apreciación de la belleza escénica y la inserción de áreas verdes en las ciudades para mitigar el impacto de la urbanización. Por ejemplo, el Central Park de New York, fue construido en 1885, diseñado por Law Olsmsted ocupa una superficie de 337 hectáreas, y reunía en su programa una proyección hacia el futuro para el desarrollo de diferentes actividades.

Durante el siglo XX, la planificación urbana y la arquitectura de paisaje evolucionan para entender al paisaje como la interacción entre la actividad humana y el medioambiente, donde cada aspecto físico, humano, cultural, social, económico y perceptivo es parte de un todo. Otro aspecto consistió en producir propuestas que albergaran y aprovecharan las condiciones generadas por los siguientes fenómenos: avance tecnológico apoyado por la investigación científica; un continuo y sostenido crecimiento urbano; una actividad económica distinguida por la globalización; el avance del deterioro ambiental del planeta, la desaparición del patrimonio cultural y patrimonio natural; el despertar de una conciencia y cambio de percepción socio-cultural hacia la sustentabilidad y la valoración de los ambientes naturales.

Por ejemplo, estas condiciones se dan a partir de la recuperación y regeneración de espacios públicos en centros de ciudades e instalaciones abandonadas, en el ámbito urbano o rural, así como para integrar propuestas de diseño que aprovechen de forma racional el capital natural, material, energético y humano<sup>2</sup>.

### **Relación de Diseño Paisajístico y la Sustentabilidad.**

En las últimas décadas el crecimiento de las ciudades y el desarrollo de nuevas tecnologías en vivienda, equipamiento e infraestructura han modificado las condiciones de meso y micro ambientes urbanos<sup>3</sup> y rurales; dichas transformaciones conforman el entorno construido del hombre que modifica las condiciones del medio físico al imprimirle manifestaciones tangibles e intangibles; dichas alteraciones afectan de forma positiva o negativa el comportamiento y adaptación del ser humano, es así que la arquitectura de paisaje tiene como objeto de estudio el espacio abierto, asumiendo nuevas dimensiones en el diseño de espacios habitables en el ámbito arquitectónico, urbano y regional; como herramienta para combatir los efectos nocivos del desarrollo urbano desmedido y los efectos provocados por el hombre en el medioambiente global y el cambio climático<sup>4</sup>.

Las nuevas tendencias de diseño de paisaje, tiene como objetivo rescatar y crear nuevos espacios verdes, que presten un servicio de carácter social tanto urbano como ambiental; Así la planificación de las ciudades del siglo XXI, al integrar el diseño paisajístico sustentable podría resolver en gran medida la carga social, cultural, económica y ambiental que conllevan los espacios deteriorados; al desarrollar una inversión objetiva del capital tecnológico, energético y humano, en infraestructura, equipamiento y mantenimiento de áreas verdes.

Al integrar los principios de sustentabilidad en el diseño de paisaje, se debe considerar en primer lugar la comprensión holística del sitio<sup>5</sup>, para poder identificar su potencial, límites y puntos desfavorables para realizar el proyecto paisajístico para obtener alguno de los siguiente beneficios:

2 Con el objetivo de mejorar las condiciones de los espacios diseñados con elementos de paisaje naturales como el agua, el suelo y la vegetación; elementos construidos como pavimentos, mobiliario y señalización; y elementos adicionales, como el manejo de recursos visuales, la definición del carácter y tal vez lo más importante, el usuario del espacio público.

3 Microclima: Circunstancias atmosféricas particulares de una zona, que modifican las condiciones climáticas en un entorno reducido, pueden ser naturales y artificiales. Mesoclima: Características climáticas que varían en una zona geográfica por las propiedades fisiográficas y de extensión superficial. Ver Fuentes Freixanet V., Clima y Arquitectura, Universidad Autónoma Metropolitana, 2004, p.44, 204.

4 Antecedentes nombrados en documentos de carácter internacional como la Declaración de la Organización de Naciones Unidas sobre el medioambiente, (Organización Naciones Unidas; Estocolmo, 1972), Declaración ONU sobre medioambiente y desarrollo (Río de Janeiro, 1992), entre otros documentos, que señalan la relación entre el medio ambiente y los efectos que provocan las actividades del ser humano, reflejadas en alteraciones en diversos aspectos a nivel global y señalan algunas alternativas implementadas para afrontar dicha problemática.

5 Es decir, comprender su evolución y transformación de las características urbanas, arquitectónicas, arqueológicas, medioambientales, vegetales, tecnológicas y socio-culturales del sitio, para ayudar a establecer objetivos y potencial, mediante la lectura del lugar y su contexto, encaminadas a crear un proyecto de paisaje.

- a) Explotación racional del capital natural y paisajístico al rescatar espacios públicos.
- b) Aprovechamiento del capital humano, económico y material, a la vez que disminuir la huella ecológica de diferentes procesos.
- c) Rescate de la diversidad ecológica<sup>6</sup> existente en la zona o región, al conservar y reintroducir especies vegetales, reciclar nutrientes y ciclos ecológicos dentro del sistema urbano.
- d) Protección de las relaciones sociales y culturales de una comunidad o grupo social donde se emplaza la obra.
- e) Análisis y fomento de manera crítica y objetiva el incremento de eco-tecnologías en el diseño paisajístico, al implementar nuevos diseños de paisaje a escala arquitectónica, urbana y regional, entre otros<sup>7</sup>.

Una vez explicada la relación del diseño de paisaje y el principio de sustentabilidad, se aborda el proyecto que sirve como ejemplo práctico de la introducción de las eco-tecnologías en la arquitectura de paisaje, para recuperar y revalorizar los atributos naturales, ambientales, artificiales y socioculturales del lugar donde se ubica el Bioparque Urbano San Antonio. A continuación, se dará un recorrido por el contenido del proyecto paisajístico, y posteriormente una breve exposición teórica de las eco-tecnologías propuestas y su aplicación en el parque.

### **Proyecto Paisajístico Bioparque Urbano San Antonio.**

Para establecer los lineamientos conceptuales del proyecto se consideró el diseño espacial con el análisis de ejemplos análogos en cuanto a ubicación, superficie del predio y características existentes en el sitio contenidas en el análisis de sitio.

Esto permitió la elaboración de la zonificación, programa arquitectónico y paisajístico, así como la integración de una serie de estudios y diagnóstico del medio físico y natural mas completos, para considerar dentro del desarrollo conceptual factores que determinaron los requerimientos y elementos de diseño a resolver como por ejemplo:

El análisis-diagnóstico del medio físico natural, donde se comprenden las condiciones naturales y artificiales que rodean e interactúan en el terreno (como son: orientación, clima, vegetación, hidrología, geología, estratificación del suelo, elementos urbano-arquitectónicos, infraestructura, equipamiento existentes e imagen urbana y residuos); fueron quienes determinaron condiciones para efectuar la obra, y que intervinieron en la decisión de aplicar eco-tecnologías.

6 También llamada biodiversidad que es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre ellas y de los ecosistemas. La diversidad de especies se relaciona con los recursos biológicos, ya que poseen valor o utilidad real o potencial para el ser humano. Ver Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, La Otra Cara de la Ciudad, Gobierno del Distrito Federal, 2006, pp.15-26. Y Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación, México, 1988.

7 Jellicoe, G y Jellicoe S., El paisaje del hombre, Gustavo Gili, 2004, pp.371-384.



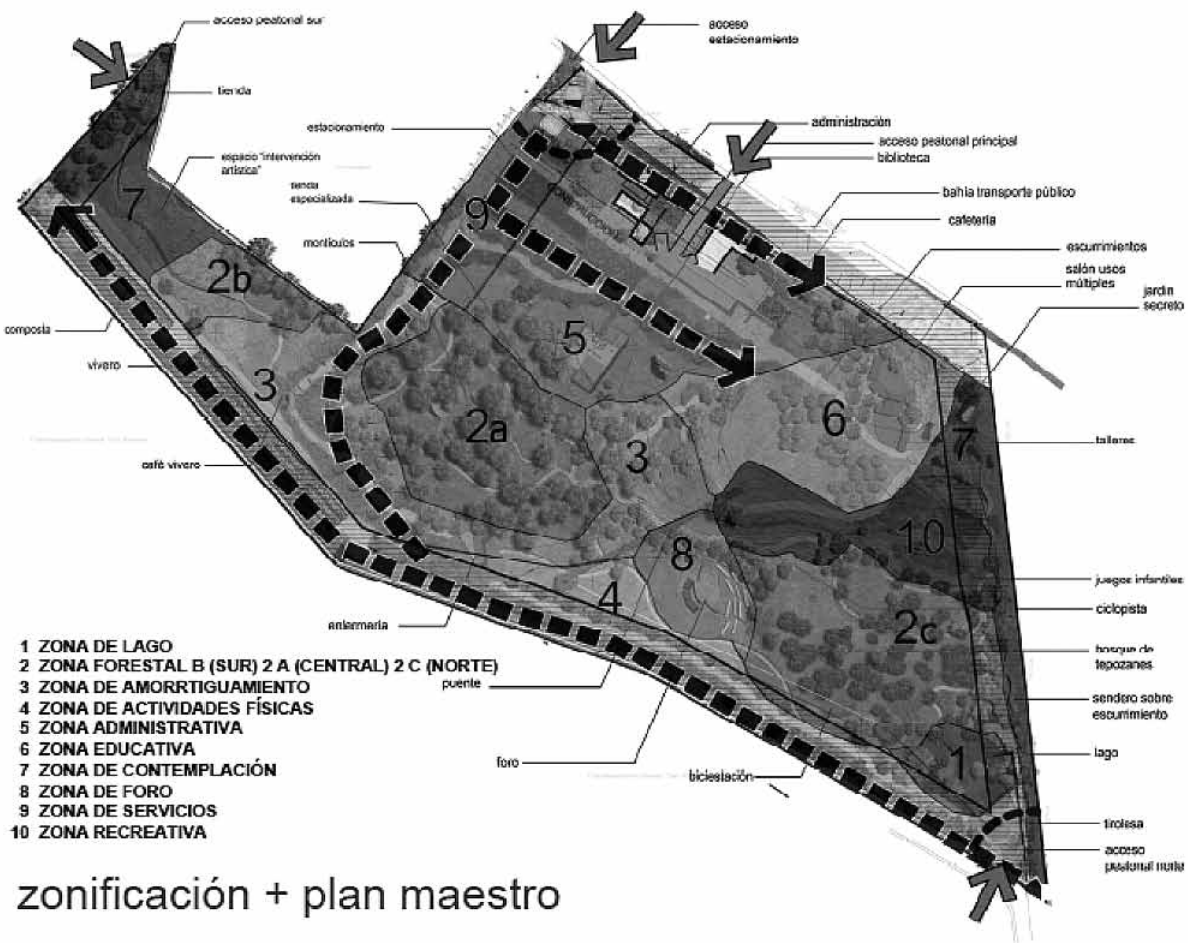
Una vez conocidas estas condiciones se establecieron bajo los principios de respeto a la vegetación existente y condiciones topográficas, la accesibilidad al terreno, tipos y trayectoria de recorridos y ubicación de zonas verdes y de servicios: se aprovechó la parte más alta colindante con la Av. Central, para el acceso peatonal y vehicular principal, al generar una serie de plataformas para el estacionamiento, del edificio de administración, cafetería principal, cuyo andador conecta el estacionamiento con la zona educativa y la vialidad principal.

Además se establecieron conceptualmente, las diferentes visuales que el usuario tendría en sus recorridos a través del parque, al observar un recorrido perimetral que abarca la mayor parte del terreno y conecta los diferentes espacios, y que a su vez fuera vehicular y peatonal; su solución requirió establecer pendientes no mayores al 10%, con una fluctuación entre el 2 - 8%; para cumplir con estándares de accesibilidad universal (discapacitados) al diseñar un andador alternativo con un 6% de pendiente.

Mientras que las zonas de contemplación, se ubicaron de acuerdo a las condiciones topográficas, correspondiendo a la zona del derrame de concreto de la cementera y otra localizada en la parte más alta del terreno; por lo cual, se realizaron andadores elevados para permitir visuales panorámicas y respetar la topografía existente.

El equipamiento del parque se solucionó en base a módulos de servicio que ocuparan una superficie construida mínima, diseñados por un equipo de diseñadores industriales de la Universidad Nacional Autónoma de México, siguieron la premisa de reutilización de contenedores desplantados sobre una cimentación de concreto, que se conectarán entre sí por el sistema de andadores, completando las funciones educativa y de servicios, conformando los vestidores del foro, casetas de vigilancia, talleres, tiendas, cafetería y sanitarios.

Así el diseño del Bioparque Urbano San Antonio, se conforma de diez zonas: Lago, Forestal dividida en subzonas alrededor del parque, de amortiguamiento, actividades físicas, administrativa, educativa, de contemplación, foro, servicios y recreativa; conectadas entre sí, por una serie de plazas y andadores. (Ver fig.2.)



**Figura 2: Zonificación del Bioparque Urbano San Antonio.**  
**ZONAS: 1) Lago, 2 a, 2b y 2c) Forestal, 3) Amortiguamiento, 4) Actividades físicas, 5) Administrativa,**  
**6) Educativa, 7) Contemplación, 8) Foro, 9) Servicios y 10) Recreativa.**  
**Referencia: Material gráfico, equipo de Arq. Cabeza, Alejandro, 2010.**

## Las eco-tecnologías aplicadas en el Bioparque Urbano San Antonio.

### Mejoramiento de suelo.

El suelo en arquitectura de paisaje, es una parte esencial para el desarrollo y mantenimiento del proyecto, ya que representa el sustrato donde se anclan las raíces y poseer características físico-químicas<sup>8</sup> y agua que son el alimento de la materia vegetal, la mayor parte de estos nutrientes se encuentran en la materia orgánica, en forma minerales insolubles y no disponibles; al llegar al suelo

<sup>8</sup> En la actualidad se han establecido factores de crecimiento del material vegetal relacionado con el suelo, y mas de uno docena de elementos nutritivos necesarios para el crecimiento vegetal, entre los que se encuentran el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre entre otros, clasificándose en macro elementos y micro elementos. Algunos de los cuales son absorbidos por las plantas en proporciones diferentes de acuerdo a su aporte benéfico.

y a la planta, por medio de la intemperización, descomposición de la materia orgánica y disueltos en el agua, es difícil que un suelo pueda proveer de los nutrientes al material vegetal durante un periodo prolongado y además presenta inhibidores del crecimiento como son la acidez, alcalinidad, existencia de patógenos, sales, sustancias tóxicas, o capas impermeables entre otras, por lo que es necesario, realizar un mejoramiento de suelo acorde a los requerimientos de la vegetación de la zona.

Las propiedades físicas del suelo se relacionan con el uso-destino de los suelos, debido a que proporciona rigidez, capacidad de sostén, drenaje, almacenamiento de humedad, plasticidad, penetración de raíces entre los espacios moleculares, aireación y retención de nutrientes; por lo cual, es necesario conocer las condiciones y límites en que estas características se pueden alterar al considerarlo como medio para la producción y crecimiento vegetal.

Al haber sido, el predio del Bioparque en primera instancia un banco para la extracción de materiales y posteriormente un sitio para la disposición de materiales de desecho, el principal problema a resolver era la estabilidad del suelo. En la propuesta de diseño se ha considerado un análisis exhaustivo de la topografía con el fin de integrarla y modificarla solo lo necesario, para lograr la estabilidad mencionada; a partir, de los resultados de la mecánica de suelos, se determinó el sistema constructivo necesario como la utilización de muros de contención construidos con mampostería de piedra o gaviones de acuerdo a la naturaleza del relleno a contener. En algunos casos se requiere de una sustitución del relleno colindante a la estructura que lo contiene, con el fin de asegurar su estabilidad y el uso de colchones como protección de los taludes. Cabe mencionar que es muy posible que las condiciones de resistencia y consistencia del suelo varíen constantemente, por lo que podrán presentarse un gran número de situaciones de inestabilidad que no es posible predecir desde la etapa de diseño ejecutivo, sino hasta el inicio de obra cuando se trabaje directamente con la construcción.

Por otro lado, las propiedades químicas se relacionan con la nutrición de las plantas, y son determinadas por numerosos factores naturales y artificiales, que modifican la cantidad de nutrientes disponibles cambiando las condiciones del suelo (PH, salinidad, sodicidad, concentración nutrimental), y por ende las condiciones de cultivo y permanencia de especies vegetales, en base a sus requerimientos para completar su ciclo de vida y la intervención de los nutrientes en su desarrollo. A lo largo de la relación agricultura-hombre, se ha tratado de mejorar el suelo y su producción con el uso de agentes como la cal, ceniza, huesos, estiércol, lodo y leguminosas. En las últimas décadas, el uso de fertilizantes se ha popularizado, estos engloban a todos los materiales que se añaden al suelo para proporcionar elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y mejorar sus propiedades físico-químicas; sin embargo, no contienen nutrientes vegetales en forma elemental sino una proporción compuesta que brinda una absorción en forma iónica; la recomendación para el uso de fertilizantes se basa en el análisis del suelo, en la relación respuesta de desarrollo de la planta y cantidad de nutrientes disponibles, tipo de vegetación, rendimiento esperado, tipo de textura del suelo y condiciones climáticas.

Mientras que una desventaja en la aplicación es el levantamiento de muestreo, ya que se puede considerar una muestra para una gran extensión de terreno, y se debe considerar la zonificación de área a plantar, cantidad y tipo de vegetación a utilizar en esa zona en particular; por lo cual, es recomendable establecer un análisis de suelo en laboratorio, que recomiende los procedimientos adecuados en la obtención de muestras y precauciones a considerar después de ser tomadas.

Existe otra forma de análisis para evaluar la utilización de fertilizantes y saber si el suelo cuenta con las condiciones de manutención, cuando la toma de muestras se ve inutilizada, éste se relaciona con el análisis foliar y la respuesta de rendimiento; donde es posible evaluar una condición nutricional, debido a que el árbol durante su desarrollo crea raíces profundas y puede almacenar nutrientes en diferentes etapas del año. Es importante, no considerar al fertilizante como la única solución a problemas del suelo como son: limitaciones en la plantación y desarrollo, mala semilla, condiciones desfavorables del tiempo o condición física del suelo, mal drenaje, suelo pobre, etc; estos factores son importantes ya que limitan la efectividad del fertilizante y se relaciona con el manejo científico del suelo, por lo cual es necesario como antes se mencionó un estudio edafológico, para conocer las condiciones del suelo en diversas zonas del terreno, mediante la cual se zonificarán las áreas más adecuadas para plantación y establecimiento de estrategias para mejora del suelo.

En el caso específico del Bioparque, se realizaron estudios edafológicos para conocer las condiciones del suelo y establecer la zonificación de áreas de plantación, senderos y conservación de flora. Además se consideró en la zona del vivero, el abastecimiento de una área de composta para la producción de abono orgánico y especies vegetales con fines de mantenimiento; en el aspecto constructivo la zona pavimentada del vivero, donde se deposita la composta tendrá una canalización de lixiviados, hacia una cisterna de almacenamiento de donde se podrán disponer con fines de fertilización, esquema que se tratara con mayor detalle en el apartado de fertilización foliar.

### **Concreto hidráulico reciclado a base de reciclaje de carpeta de concreto hidráulico**

Bajo el concepto del reciclaje de materiales se ha propuesto la incorporación de concreto hidráulico de desecho de vialidad, como un componente para la construcción de pavimentos permeables e impermeables según convenga para los objetivos del proyecto. El principio de reciclado funciona al colocar la pedacería de concreto hidráulico combinado con juntas de tierra vegetal con césped, obteniendo un pavimento permeable; propuesta que permite el uso de este material de desecho, que en lugar de depositarlo en sitios donde pueda producir focos de contaminación o destrucción ambiental, se recicla para la pavimentación permeable de plazas en el proyecto del Bioparque, mientras que para uso de pavimento impermeable se genera la pendiente necesaria, para canalizar el agua de época de lluvias hacia el lago artificial y el excedente a pozos de absorción.

**Tratamiento y reutilización de aguas residuales para servicios sanitarios y riego (futura ampliación).**

Dentro del presente trabajo, se relaciona el uso de aguas residuales con las alteraciones que puede producir en el suelo, su utilización se observa dentro de la legislación ambiental en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente<sup>9</sup>, ya que el vertido de este tipo de aguas puede alterar el suelo de forma benéfica o no, dependiendo de la concentración de materia orgánica, sales y metales, tipo de suelo e intensidad de aplicación; además se observa su posible llegada a niveles freáticos, por lo que las aplicaciones de vertidos de aguas residuales deben cumplir con la normativa y el análisis del compuesto para conocer los niveles admisibles de vertido.

Las modificaciones a las características físicas y químicas del suelo, definirá el área y zona de aplicación, ya que estas condiciones varían, según sea el caso, por ejemplo: los suelos donde se aplica la aguas residuales por riego con el sistema percolación-infiltración<sup>10</sup>; deben tener condiciones de buen drenaje que se relaciona con las propiedades físicas del suelo, mientras que para los suelos arcillosos y limosos se recomienda el sistema de escorrentía superficial<sup>11</sup> sobre cubierta vegetal.

Existen otros factores restrictivos a considerar, antes de decidir usar aguas residuales como: el drenaje del suelo, estratos impermeables, fallas, fracturas, rocas continuas, textura fina en sustratos inferiores, estratos arenosos que impiden una correcta afluencia del agua hacia horizontes superficiales o estratos inferiores del suelo.

Al ocupar las aguas residuales como riego es importante considerar el drenaje<sup>12</sup> del suelo que depende de la textura, proporción y propiedades mecánicas, para realizar la planeación de zonas de aplicación, frecuencia, equipo utilizado canalizaciones y zonificar el área aplicación, evitar el exceso de agua, encharcamiento, formación de agregados de componentes minerales y orgánicos, pudriciones o alteraciones en la vegetación existente. Otros factores son el equilibrio y la composición química del suelo, ya que éste asimila y descompone los contaminantes del vertido, algunas ventajas de una buena aplicación del vertido, desde el punto de vista biológico son: la mejora de las características del suelo, desprendimiento lento de nutrientes, proporcionar mecanismos de solubilización de minerales y procesos de descomposición, mantener la población de micro-organismos benéficos, retención de agua y nutrientes, entre otros.

---

9 En materia de contaminación de infiltración en suelos y agua: Título IV Cap.II Art.117, Cap.III Art.118, 120, 123, 136, 139. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación ,México, 23-05-2006. Y en el Distrito Federal se observa en el Título IV Cap.IV, Art.106. De la Ley Ambiental del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 13 de enero del 2000.

10 Los suelos que admiten el sistema infiltración-precolación son los arenosos, arenosos-limosos, franco-arenosos y gravas con una capacidad de infiltración del suelo entre 100 y 300 mm/día es la mas recomendable. Ver Secanez, Calvo, M., Aguas residuales urbanas, Mundiprensa, colección Ingeniería Ambiental, 1998, pp.70-71.

11 Los suelos que admiten el sistema escorrentía superficial son los arcillosos, franco-arcillosos, y a veces franco-limosos, con una superficie plana con pendiente del 2-6% y cubierto de vegetación. Ver Secanez, Calvo, M., Op.cit; pp.126-127.

12 Se considera un buen drenaje al promedio de infiltración igual o superior a 5 cm/día. Secanez, Calvo, M., Op.cit., p.67.

Los requerimientos a considerar, para utilizar el vertido de aguas residuales en proyectos de arquitectura de paisaje urbana, son: ubicación y condiciones medioambientales (climatología, pluviometría, topografía, etc.) del área de vertido, cercanía a las zonas habitacionales, características del suelo, tipo de vegetación a utilizar, peculiaridades y profundidad de aguas subterráneas y zonificación de áreas de tapón y canalizaciones. Cada proyecto tiene sus propiedades y se da una solución diferente para el vertido acordes al tipo de uso, en general se recomienda en uso de agua tratada<sup>13</sup> con una depuración biológica, al cual prosigue un tratamiento de desinfección antes del vertido o uso.

En el caso del Bioparque, el abastecimiento de agua para el parque tiene dos vertientes; una conexión a la red de agua potable para contacto humano; y otra conexión al abastecimiento de agua tratada, para riego y funcionamiento de los servicios sanitarios. En ambos casos se prevé la construcción de cisternas de almacenamiento en el núcleo principal de servicios, cerca del acceso principal. Por otro lado, siendo la sustentabilidad el eje rector del proyecto, su operación requerirá en épocas de estiaje, agua suficiente para el riego de ciertas áreas verdes, para lo cual se tiene proyectado construir una red de transporte de aguas tratadas desde el punto indicado por Sistema de Aguas de la Ciudad de México dentro de la Delegación Álvaro Obregón (1.6 kilómetros) al parque.

Adicionalmente, dentro de los objetivos del manejo de recursos naturales, en esta área pública se contempla la captación de agua pluvial, a través de la trayectoria de los escurrimientos temporales, que se conducirán hacia el lago artificial. Se considera solo captar el agua de escorrentía del interior del predio; los excedentes en época de lluvias se canalizarán a pozos de absorción dentro del terreno. En puntos estratégicos, se situarán humedales que ayuden a filtrar el agua y a cultivar plantas acuáticas, como parte de los jardines que tendrá el parque, con fines educativos y recreativos.

### **Sistema fotovoltaico.**

Es un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que sirven para captar energía solar disponible y transformarla en energía eléctrica utilizable, acordes al tipo de utilización y potencia, el sistema fotovoltaico aislado tiene como objetivo satisfacer la demanda de energía y ejemplificar un ahorro de esta, el sistema se dimensiona aproximadamente en 33 ó 36 módulos, de forma que permita la alimentación de carga y recarga de las baterías de acumulación para poder cubrir la demanda de coeficientes de iluminación adecuados para exteriores.

Existen dos tipos de sistema: el que funciona a corriente continua y el que permite la alimentación simultánea en corriente continua y alterna, los cuales se componen de:

---

13 Se recomienda para uso de agua tratada en zonas habitacionales, deportivas o parques un contenido de granizos coliformes no superior a 23/100 ml. Según datos del Departamento de Sanidad de Estado Unidos, Estado de California, 1998.



- **Generador fotovoltaico:** Capta y convierte la radiación solar en corriente eléctrica mediante los módulos fotovoltaicos generalmente formadas por la unión “p-n” construidas con silicio monocristalino<sup>14</sup>.
- **Inversor:** Transforma la corriente continua producida en el generador para introducirla en la red de distribución.
- **Batería:** Almacena la energía para utilizarla en periodos de tiempo en los cuales la demanda exceda la capacidad de producción del generador fotovoltaico.
- **Protección de circuitos:** Es un regulador que protege al sistema de descargas.

Las ventajas del sistema consisten en que ha evolucionado para conseguir mayores rendimientos, duración de baterías<sup>15</sup> y niveles de iluminación adecuados; además a largo plazo, el factor ambiental y económico permite la recuperación de la inversión inicial en un mediano a largo a plazo, debido a la producción y avance tecnológico de este tipo de sistemas, la introducción de medidas para disminuir la huella ecológica, permite que en un proyecto del espacio público ser reduzcan costos de utilización y mantenimiento, además de fomentar la educación ambiental hacia la producción y consumo de energía limpia.

Desde el punto de vista ambiental, la fabricación de células fotovoltaicas de acuerdo a la tecnología utilizada (Silicio cristalino, amorfo, CdTe, Cis, GaAs) puede significar riesgos ya que utilizan sustancias que emiten gases de efecto invernadero y riesgos en su utilización o para la salud, pero personifican algunas ventajas al saber utilizar y manejar la tecnología y son menos contaminantes que las sustancias ocupadas en las pilas alcalinas o emisiones por combustión, por lo que la continua evolución de la tecnología y procesos de fabricación significan una reducción de los impactos ambientales y se consolida como una industria sostenible<sup>16</sup>.

El método de cálculo para la integración arquitectónica de foto celdas considera: cargas energéticas a satisfacer, cantidad de energía solar incidente, las pérdidas de orientación, inclinación (FI) y sombras (FS), periodo de diseño o constante (K), obstáculos, potencia almacenada requerida para autonomía del sistema; para asegurar el emplazamiento adecuado del sistema de soporte de las luminarias y módulos fotovoltaicos, la pérdida total no debe exceder el 50%, en cuyo caso se recomienda buscar la ubicación que se aproxime a la máxima producción, dependiendo de las características del entorno.

---

14 Aunque existen diversos procedimientos y tipos de materiales semiconductores, que poseen un coeficiente de absorción de la luz mayor para su construcción, y representan ventajas y desventajas de acuerdo al tipo de material y procedimiento de fabricación, grosor, coeficiente de absorción, limpieza, entre otros. Méndez Muñiz, J., Cuervo García, R, *Energía Solar fotovoltaica*, FC Editorial, España, 4ª edición, 2000, pp.37-44, 68-72,

15 Capacidad de descarga de la batería es la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería por un periodo de tiempo (A) ya que con un tiempo largo aumenta la capacidad de la batería, su vida útil depende del número de ciclos y profundidad de descarga de la misma (porcentaje de la batería que es utilizada durante un ciclo). Op.cit., p.98.

16 El aprovechamiento, contaminación y energía se observa en Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Op.cit., Art.5, 11, 22, 155, y en la Ley Ambiental del Distrito Federal, Op.cit., Art.122, 129.

Para el abastecimiento de electricidad en el Bioparque, se tomo la decisión de contar con un sistema mixto: para la zona administrativa y educativa se ocupara la red de la Comisión Federal de Electricidad y como complemento la utilización de energía fotovoltaica solar. En el caso de los módulos de servicios aislados o contenedores, se utilizará un sistema de energía solar renovable fotovoltaica en su totalidad.



**Figura 3: Sistema mixto de iluminación exterior (derecha). Sistema de energía fotovoltaica exterior (izquierda)**  
Referencia: Material gráfico Arq. Cabeza ,Alejando, 2010.

### **Uso de lixiviados para fertilización foliar.**

Un lixiviado es el producto de los líquidos filtrados a través de estratos de residuos sólidos en descomposición de la composta<sup>17</sup>, cuando su capacidad de almacenamiento de humedad es excedido, lleva en su afluente componentes disueltos orgánicos e inorgánicos. Desde el punto de vista ambiental su uso como fertilizante orgánico es benéfico y permite llevar a cabo un reciclaje de material foliar, considerado como desecho, al promover la continuación del proceso biológico, el regreso de los nutrientes transformados, la conservación y mejoramiento de la estructura del suelo, permitiendo la absorción y retención de humedad y optimizando la estructura (propiedades físico-químicas). Constructivamente, se requiere contar con un sistema de retención, captación, canalización y almacenaje de los lixiviados, para evitar la contaminación, balance hidrológico<sup>18</sup> adecuado, control de condicionantes y evitar el desperdicio del fertilizante líquido.

Es necesario, considerar que la eficacia del lixiviado de composta se relaciona con el tipo de residuos, dimensiones del contenedor y cantidad de humedad adicionada; el conocimiento aproximado de los parámetros físico-químicos de la concentración de macro-nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, y micro-nutrientes o minerales y otros elementos, se determinan de acuerdo al momento del muestreo, ya que la condición biodegradable del lixiviado, varia en factor del tiempo, y este conocimiento permite su óptima utilización como fertilizante, inoculación de nuevas compostas o biofiltros.

<sup>17</sup> Composta: Se obtiene del proceso aeróbico de la descomposición del material foliar, cuyo producto es un abono orgánico que sirve como fertilizante, cuyo valor nutrimental para cultivos o mantenimiento de material vegetal es rica y reutilizable. Deffis, Caso, A., La Casa Ecológica autosuficiente, Ed. Concepto, 1989, pp.193,194.

<sup>18</sup> Suma de todas las cantidades de agua que son agregadas, humedad, pérdidas por evaporación y reacción química en el contenedor. *Ibid.*, pp.197.



Dentro de la legislación ambiental en la LGEEPA<sup>19</sup>, no menciona el uso y manejo de composta y lixiviados; sin embargo, se consideran los artículos que mencionan la contaminación del agua por infiltración, la deposición de residuos en el suelo y los riesgos de contaminación, en caso de no contar con un sistema adecuado de canalización, drenaje y contención.

Para el caso del Bioparque, todo producto de poda de mantenimiento del material arbóreo, arbustivo y herbáceo se canalizará a la composta en la zona del vivero para ser depositado en una plaza-cisterna, cuyos lixiviados serán conducidos por escurrimiento de pendientes hacia una cisterna, para almacenaje y fermentación, donde se combinarán con el riego para la fertilización de áreas lo requieran, es decir, donde exista vegetación diferente de la espontánea que ha brotado por si sola en el predio.

### **Diseño de paisaje con material vegetal de bajo mantenimiento.**

Una de las premisas de diseño sustentable en arquitectura paisaje, es el ahorro en mantenimiento y mano de obra, es por ello que los nuevos diseño buscan un equilibrio entre la inversión de materia prima, mano de obra y tiempo. Así el diseño incluye en sus espacios verdes el uso de especies vegetales nativas del lugar, o que representen un bajo costo de mantenimiento; ideas que promueven el concepto de sustentabilidad, ya que este tipo de especies presentan características de fácil adaptación al suelo, condiciones climatológicas y físicas del lugar<sup>20</sup>.

### **Las consideraciones para un diseño de paisaje de bajo mantenimiento son:**

- a) Planificación de áreas de vegetación, en base al conocimiento de las condicionantes físico-ambientales del lugar y del concepto, para determinar los lugares mas idóneos de plantación y áreas de conservación de material vegetal existente.
- b) Establecer las condiciones físico-químicas del suelo, para determinar si es necesario hacer un mejoramiento de suelo, establecer que el tipo y variedad de especies adecuadas, tipo y proporción de abonos orgánicos necesarios.
- c) Selección de plantas adecuadas de acuerdo a sus requerimientos, áreas e imagen deseada.
- d) Análisis y propuesta del sistema de riego, acordes a los requerimientos hídricos de las especies seleccionadas.
- e) Establecer el planteamiento del mantenimiento general.

---

19 En materia de contaminación, descarga y tratamiento de aguas residuales se observa en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Op.cit., Título I Cap. I Art.1°, Cap. II Art.7, Cap. IV Art.22, 23, Título IV Cap. II Art.117, Cap. III Art.118, 120, 121, 123,126. Y en Ley Ambiental del DF, Op.cit., Título III Cap, V, Art.36, Cap. IX Art.72, título IV Cap. IV Art. 107, Título V Cap. III Art.151, Cap. IV Art.152, 154-159.

20 El antecedente mas próximo de este concepto es el Xeriscape, surgido en Estados Unidos en la décadas de los años ochenta el cual promovía un diseño conciente del ahorro de recursos hídricos, suelo y utilización de vegetación regional.

En la propuesta de plantación del Bioparque, como punto de partida se respetaron todos los árboles existentes, arbustos, herbáceas y pastos que son componentes de la vegetación espontánea que había iniciado la colonización del predio. Con el fin de reforzar la vegetación estructural, se introducen árboles de colorín, jacaranda, acacias, fresnos, encinos, liquidámbar y orquídeos (pata de vaca). Específicamente la vialidad principal y paseo se forestó con los orquídeos. En el estrato arbustivo, se conservaron las escobillas y se introdujeron retamas, perlitas, romeros, lantana blanca y huisache. Para el estrato herbáceo, se ocuparon: lavanda, lirio azul, platanillo, cineraria, entre otras. La mayor concentración de especies de este tipo con fines ornamentales se da en el jardín secreto. Con excepción de algunas plantas de este jardín, el resto son de bajos requerimientos de mantenimiento y de hábitos rústicos, con el fin de que se adapten a las condiciones existentes de suelo.

La propuesta surge de una combinación del trabajo con la naturaleza, es decir, respetar toda aquella vegetación espontánea que surge en sitios abandonados por el hombre, con refuerzo de vegetación estructural que permite enfatizar la estructura espacial del parque y acentuar focos de interés con especies ornamentales, encaminado a brindar a los usuarios experiencias visuales interesantes, que al contrastar con las plantas locales, podrán apreciar ambos tipos de vegetación.

### **Reciclaje de contenedores.**

Para el diseño arquitectónico de los módulos de servicios distribuidos en el parque, se considero la reutilización de contenedores mercantiles, bajo el concepto diseño industrial y reciclaje; con una propuesta de diseño para su utilización se generaron propuestas para tiendas, servicios sanitarios, cafetería, enfermería, salón de usos múltiples, caseta de vigilancia y camerinos del foro. La selección para este tipo de estructura, se basa en su versatilidad para adaptarla a diversos usos, su facilidad constructiva para las adaptaciones requeridas, y la rapidez de su montaje sobre una plataforma previamente construida sobre el terreno.

Al tener un panorama general de las consideraciones para aplicar las anteriores eco-tecnologías en un proyecto de paisaje, se citaran algunos beneficios y observaciones de viabilidad en su aplicación, en observaciones de los avances de obra en su primera etapa de ejecución.

### **La aplicación de eco-tecnologías en el diseño del Bioparque Urbano San Antonio.**

Entre los principales beneficios asociados a proyectos de paisaje con eco-tecnologías como el caso del Bioparque, se pueden observar la protección de la salud; protección de los cuerpos de agua subterráneos y de las funciones del suelo; que tienen repercusión en la renovación de los centros urbanos o secciones de áreas urbanas deterioradas; mejoramiento en la calidad del suelo y del agua subterránea; aumento en la producción de oxígeno; aumento en la captura de Dióxido de Carbono; ahorro en los costos de recreación en el público visitante; revaloración cultural, social e histórica del

sitio; protección de cuerpos de agua explotables para suministro humano; protección y conservación de fauna y flora nativa (y espontánea) del valle de México; disminución de contaminación auditiva, y mejoramiento del paisaje local.

Considerando el déficit de áreas verdes arboladas en el Distrito Federal entre 1,077 y 4,444 hectáreas es de suma importancia valorar cada metro cuadrado que se gane por lo que las cinco y media hectáreas del proyecto, tienen un valor ambiental no cuantificable pero sumamente significativo.

Con un costo promedio inferior a mil 300 pesos por metro cuadrado la inversión es muy baja comparada con otro tipo de proyectos que pudieran generar beneficios similares con el respaldo de la máxima casa de estudios del país, la Universidad Nacional Autónoma de México en la elaboración del proyecto.

El proyecto ejecutivo elaborado consideró las características topográficas del predio y la conformación del suelo, para lo cual se realizaron levantamientos topográficos con curvas de nivel a 20 centímetros y estudios de mecánica de suelos específicos para cada estructura planeada, así como el diagnóstico del estado físico del terreno. El hincapié en estos trabajos permitió definir la zonificación del proyecto y tener la certeza de que es técnicamente viable. Por ejemplo, el lago no fue localizado arbitrariamente, fue proyectado en el punto donde convergen los escurrimientos de agua naturales en el predio, o en su caso, las zonas forestales fueron establecidas en las áreas del predio que cuentan con más vegetación, y de esta manera fue diseñada cada una de las zonas que componen el parque. Sin embargo, también es cierto que existe un grado considerable de incertidumbre por la variabilidad del suelo producto de rellenos de diferentes épocas, con la subsecuente diversidad de resistencia y composición, lo que se puede traducir en costos extraordinarios, que no se pudieron prever en la fase de proyecto ejecutivo, con el fin de asegurar una consolidación y estabilidad del terreno que no signifique riesgos a la población. Por lo que la factibilidad y costos de aplicación de las eco-tecnologías, se observara mientras avanza el proceso de obra.

## Conclusiones.

La aplicación de eco-tecnologías en proyectos paisajísticos ejemplificados con el proyecto del Bioparque, expone una forma de obtener una infraestructura social que tiene por visión hacia el futuro:

“Ser un área verde sustentable de bajo mantenimiento a largo plazo, donde el reciclaje y la historia del lugar enmarquen un espacio de convivencia, aprendizaje y recreación; para que las actividades sociales, educativas, deportivas, culturales y recreativas se desarrollen en un ambiente de respeto a la naturaleza”.

Cuya Misión es :

“Generar espacios de interacción social y aprendizaje ambiental, donde el respeto a la naturaleza orienta la toma de decisiones, buscando la adecuación a las demandas del contexto siempre bajo criterios de sustentabilidad ambiental, social y económica”.

Con un costo de inversión de (\$ 91582625.06 pesos), que adicionándole el impuesto al valor agregado de (\$ 14653220.01 pesos); representa una erogación total para su construcción de (\$106235845.07 pesos)<sup>21</sup>. Durante la etapa de desarrollo el proyecto tendrá un costo anual de operación de (\$12475969.14 pesos) cifra que no incluye el impuesto al valor agregado. Generando a la sociedad como principales beneficios entre otros:

- Protección de la salud;
- Protección de los cuerpos de agua subterráneos y de las funciones del suelo;
- Renovación de los centros urbanos o secciones de áreas urbanas deterioradas;
- Aumento en la producción de O<sub>2</sub>;
- Aumento en la captura de CO<sub>2</sub>;
- Ahorro en los costos por recreación en el público visitante;
- Aumento en la calidad del suelo y del agua subterránea;
- Aumento en el valor cultural e histórico del sitio;
- Protección de cuerpos de agua explotables para suministro humano;
- Protección y conservación de fauna y flora nativa del valle de México;
- Disminución de contaminación auditiva;
- Mejoramiento del paisaje local, y
- Aumento del valor económico-monetario del sitio.

---

21 Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Análisis Costo - Eficiencia del Proyecto de Inversión, “Construcción de Parque S U S T E N T A, BioParque Urbano San Antonio”, 2011, Pág. 60-74.

Por lo anteriormente expuesto, se concluye que el proyecto Bioparque ejemplifica plenamente esta tendencia del diseño paisajístico, que es posible de construir en nuestro país, y a la vez es susceptible de generar, por si mismo, beneficios netos para la sociedad.

### **BIBLIOGRAFIA:**

- CABEZA, P. Alejandro., “Elementos de diseño de paisaje, naturales, artificiales y adicionales”, Ed. Trillas, México, Distrito Federal, 1993.
- DEFFIS, C. Armando., “La Casa Ecológica Autosuficiente”, Ed. Concepto, México, 1989.
- FUENTES, F. Víctor., “Clima y Arquitectura, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2004.
- HOLDEN, Robert. “Diseño del espacio público internacional”, Ed. Gustavo Gili, España, 1996.
- HUDSON, Norman, “Conservación del suelo”, Ed.Reverte, España, 1982.  
International Society of Arboriculture, “Manual de arboricultura”, International Society of Arboriculture and Universidad Autónoma Metropolitana, 1999.
- JELICOE, G y Jellicoe S., “El paisaje del hombre”, Gustavo Gili, España, 2004.
- Méndez Muñiz, J., Cuervo García, R, “Energía Solar Fotovoltaica”, FC Editorial, España, 4ª edición, 2000.
- GONZÁLEZ, M. Olinka. “La revitalización urbana sustentable”, Gobierno del Distrito Federal, memorias de congreso, 2010.
- SECANEZ, Calvo, M., Aguas residuales urbanas, Mundiprensa, colección Ingeniería Ambiental, México, 1998.
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, “La Otra Cara de la Ciudad”, Ed. Gobierno del Distrito Federal, 2006.
- Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Memoria Técnico Descriptiva del Proyecto Arquitectónico y de Paisaje del “Bioparque Urbano San Antonio”, elaborado por equipo y coordinado por Arq. Alejandro Cabeza, 2010.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Análisis Costo - Eficiencia del Proyecto de Inversión, “Construcción de Parque S U S T E N T A, BioParque Urbano San Antonio”, 2011.
- “Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Río de Janeiro, 3-24 junio,1992.
- DOF, 1988. “Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente”, LGEEPA, Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, Secretaría de Gobernación, México.
- DOF, 2003a. Reforma a la “Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente”, LGEEPA, Diario Oficial de la Federación 13 junio de 2003, Secretaría de Gobernación, México.
- Ley Ambiental del Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 13 de enero del 2000. SEMARNAT, NOM-007-SEMARNAT-1997.

**AGRADECIMIENTOS:**

Los autores del presente trabajo agradecen las facilidades otorgadas por los colaboradores que participaron en la elaboración del material escrito y gráfico que aparece en esta obra, así como a las autoridades que auspiciaron la realización del proyecto Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Universidad Nacional Autónoma de México; por las facilidades otorgadas para divulgar un proyecto sustentable y significativo para la comunidad de la delegación Álvaro Obregón, y la difusión de los avances realizados a la fecha, a través del Coordinador General del proyecto ejecutivo Arq. Alejandro Cabeza.

**ACERCA DE LOS AUTORES:**

La Dra. OLINKA GONZÁLEZ MEJÍA, es Arquitecta egresada de la Universidad del Valle de México, Maestría en Arquitectura con Especialidad en Restauración de Monumentos en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, en el Instituto Nacional de Antropología e Historia de México. Grado de Doctora en Arquitectura en la Universidad Nacional Autónoma de México con Mención Honorífica. Ha impartido cursos de actualización docente para la Secretaría de Educación Pública y actualmente labora en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco; ha impartido las asignaturas de Taller de Arquitectura, Temas Selectos VIII, y en Posgrado para dos especialidades: Conservación y Restauración del Patrimonio Construido y para la especialidad de Diseño, Planificación y Conservación de paisajes y jardines. Actualmente se encuentra participando en investigación en el área de Arquitectura Bioclimática.

El Mtro. ALEJANDRO CABEZA PÉREZ, es Arquitecto egresado de la Escuela Nacional de Arquitectura de la UNAM con la medalla Gabino Barreda, posteriormente realizó sus estudios de Maestría en Diseño de Paisaje en el Departamento de Arquitectura de Paisaje de la Universidad de Sheffield, Inglaterra.

Coordinador de la Unidad Académica de Arquitectura de Paisaje de la UNAM de 1990 a 1996 (maestro fundador). Ha impartido diversas asignaturas entre ellas Diseño de Paisaje, Proyectos, Teoría de Arquitectura de Paisaje, Restauración, entre otras. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Maestría en Diseño Arquitectónico del Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura.