ISSN 1390-7719

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SERÉIS MIS TESTIGOS

REVISTA PUCE 98

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

3 DE MAYO - 3 DE NOVIEMBRE DE 2014
QUITO, ECUADOR

CENTRO DE PUBLICACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL ECUADOR

Centro de Publicaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes
Revista PUCE
Quito-Ecuador

Rector
Dr. Manuel Corrales Pascual, S.J. (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Vicerrector
Ing. Pablo Iturralde Ponce (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Director General Académico
Dr. Carlos Acurio Velasco (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Director del Centro de Publicaciones
César Eduardo Carrión (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Decano de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes
Alexis Mosquera Rivera

Miembros del Comité Ejecutivo del Centro de Publicaciones (Comité Editorial):

Presidente (Editor en Jefe)
César Eduardo Carrión (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Secretario (Coordinador del Comité Editorial)
Lcdo. Walter Jiménez Sarabia (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Miembros del Comité Editorial de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes:
Francisco Ursúa C.
Shayarina Monard
Ruth Ruiz
María Fernanda Novoa

Secretaria abogada:
Pilar Olmos Pacheco

Autores:
Francisco Ramírez C.
Eugenio Mangia G.

Mayra Estévez T.
Francisco Ursúa C.
Alex Schlenker
Gisela Calderón Z.
Sylvia Jiménez R.
Santiago del Hierro K.

Corrector de estilo y ortografía
Alfonso Sánchez (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador)

Colección n.° 98
3 de mayo de 2014
Publicación Semestral
ISSN n.° 1390-7719
Registro de Derecho Autoral n.° 010645
Ingresada en Catálogo Latindex Folio 21880

La Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador es una publicicación semestral (mayo y noviembre) de su Centro de Publicaciones, que difunde trabajos académicos y científicos, estrictamente originales en español, en la áreas de Leyes, Pedagogía, Ingeniería, Economía, Biología, Química, Historia, Geografía, Antropología, Sociología, Filosofía, Teología, Comunicación, Lingüística, Literatura, Medicina, Administración, Arquitectura, Gestión Social, Psicología y Diseño, y es arbitrada por especialistas de indiscutible valor, cuyos nombres se mantienen en absoluta confidencialidad, recibe trabajos todo el año; el próposito de la Revista PUCE es difundir conocimientos, intercambiar experiencias e incentivar la producción del pensamiento especializado. El contenido de esta revista está dirigido a docentes, investigadores, estudiantes universitarios y público en general.

Los artículos son de responsabilidad exclusiva de sus autores
Los derechos de autor son exclusivos de la PUCE
Se prohíbe la reimpresión parcial o total con cualquier finalidad

MURO ORGÁNICO URBANO SILVESTRE SOSTENIBLE

MOUSS ORGANIC SYLVESTER SOUSTENTABLE URBAN WALL

FRANCISCO RAMÍREZ C.
MICHAEL MAKS DAVIS

Recibido 18 diciembre de 2013
Aceptado 6 de enero de 2014

Revista PUCE. ISSN 1390-7719. Núm.98
3 mayo - 3 nov 2014. Francisco Ramírez. pp. 1-34

MURO ORGÁNICO URBANO SILVESTRE SOSTENIBLE

Francisco Ramírez C.[1] *y Michael Maks Davis*[2]

PALABRAS CLAVES: climatización, jardines verticales, *confort*, síndrome del edificio enfermo, evaporación, transpiración, vegetación urbana, urbanismo sostenible, plantas endémicas, Quito, Ecuador

KEY WORDS: climatization, vertical gardens, comfort, sick building syndrome, evaporation, transpiration, urban vegetation, sustainable urbanism, endemic plants, Quito, Ecuador

RESUMEN

Presentamos el desarrollo experimental de la primera etapa correspondiente a la propuesta de un modelo funcional de jardín vertical modular, ensamblable, flexible y móvil, de mínimo mantenimiento y cuya parte viva está constituida por especies vegetales nativas de la región de enfoque, el Distrito Metropolitano de Quito, en Ecuador.

A este elemento lo llamamos muro orgánico urbano silvestre sostenible (MOUSS).

Se presenta el diseño del módulo base, que permite variedad de composición y adaptación a varias aplicaciones dentro del campo de imagen urbana y paisajística.

La selección de las especies vegetales y su monitoreo aportan claves para los soportes y los sistemas de funcionamiento para el muro y restituir el vínculo ancestral con la naturaleza, las relaciones hombre–naturaleza y ciudad–naturaleza.

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes, Quito, Ecuador (rframirez842@hotmail.com).
2 Evolution Engineering, Design and Energy Systems, Exeter, Reino Unido (michael.evolutionproject@gmail.com).

Para medir el rendimiento del muro verde MOUSS, como unidad activa para controlar la temperatura, se realizaron continuas mediciones en la caja de experimentación diseñada y desarrollada para el propósito. La efectividad del MOUSS se determina aplicando la ecuación de Penman-Monteith, FAO-56. Esta fase experimental del proyecto se apoya en la comprobación del modelo matemático desarrollado por los autores de este artículo, al cuantificar la transpiración de las plantas o la evaporación del sustrato y su efecto ambiental para espacios urbanos.

ABSTRACT:

This paper presents the development of the first, experimental phase for a vertical garden, which is modular in its design, is flexible and able to be moved from one place to another, whilst requiring minimum maintenance. The living elements of the vertical garden were based on native plant species found in the region of the Metropolitan District of Quito, Ecuador.

The name given to the project was the Organic Urban Wild Sustainable Wall, MOUSS.

The work first presents the design of the modules that form the basis of the vertical garden, which allow for variations in the species planted and in doing so open up possibilities for its application in the field of urban design and landscape architecture.

The careful selection of the plant species for the Wall, combined with their continuous observation, shed light on how the vertical garden functions and in doing so re-establishes the ancestral link between humans and nature, as well as the city and natural landscapes.

Second, measurements of climate and temperature were carried out with specific reference to the design of the vertical garden as a means of climate control. The potential effects of MOUSS were estimated using the Penman-Monteith FAO-56 equation, based on which a mathematical model was developed by the authors of this article. The model quantified the transpiration of the plants or the evaporation from the substrate, and translated this into terms of climatization of urban spaces.

I. INTRODUCCIÓN

La desnaturalización de las ciudades, con un vertiginoso ritmo de urbanización, ha roto el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza. En el caso de la ciudad de Quito, este desequilibrio ambiental, se multiplica por la falta de identidad de sus habitantes con la flora y fauna nativas. El lugar donde se congregan los diferentes tipos de estratos sociales de la ciudad es el espacio público, es en ese lugar hoy degradado que se evidencian los desequilibrios.

Ante esta problemática evidente la propuesta investigativa del muro orgánico urbano silvestre sostenible MOUSS, consiste en una alternativa de reacción frente a la apropiación agresiva de la ciudad sobre la naturaleza, crea elementos arquitectónicos que contemplan más allá de la mera proyección constructiva genérica una relación con el entorno en el cual estos surgen y muestran la profunda relación entre el elemento como tal y el conjunto de factores que definen el entorno cultural, histórico y natural, que forman las fibras de la identidad colectiva, en este caso como quiteños, ecuatorianos y seres andinos.

El proyecto en sí consiste en el desarrollo experimental de un modelo totalmente funcional de jardín vertical modular, ensamblable, flexible y móvil, que funcione con el mínimo mantenimiento y cuya parte viva sea constituida por especies vegetales nativas de la región de enfoque.

La clave del desarrollo de este muro se encuentra en el diseño del módulo base, que permita variedad de composición y adaptación a varias aplicaciones dentro del campo de imagen urbana y paisajística tanto como en el de composición arquitectónica y buscar así el desarrollo de una tecnología propia concebida desde nuestro medio para sus necesidades y aplicaciones.

La selección de las especies es primordial ya que es a partir del estudio de sus necesidades y comportamientos que serán diseñados los contenedores y superficies de sustento, los soportes y los sistemas de funcionamiento para el muro; asimismo es en ellas en las cuales se manifiesta el vínculo con la naturaleza ancestral y se busca la restitución de la relación hombre–naturaleza y ciudad–naturaleza.

Las ciudades están enfermas, su aire está enrarecido por la presencia de gases con metales en suspensión, y demás contaminantes que cambian drásticamente la temperatura y la condición de la temperatura y humedad.

La alternativa para el poco suelo o disponibilidad del mismo en la ciudad de Quito, es el plano vertical, es decir la verticalización de las ciudades.

Es imprescindible entonces el estudio del acondicionamiento de estos espacios ahora muertos, inservibles, indiferentes, para crear una ciudad con desarrollo sostenible, donde por medio de mobiliario urbano, como es el Muro Orgánico Urbano Silvestre Sostenible, (MOUSS), constituido como elemento arquitectónico que vaya más allá de la mera proyección constructiva genérica, a una relación con el entorno en el cual estos surgen, para mostrar la profunda relación entre el elemento como tal y el conjunto de factores que definen el entorno cultural, histórico y natural, que forman las fibras de la identidad colectiva, en este caso como quiteños, ecuatorianos y seres andinos.

Se pretende que estos jardines sean autosustentables en gran medida y que requieran de un mantenimiento mínimo, por lo cual se buscó plantas que resistieran condiciones al exterior con fuerte insolación y resistentes a los cambios de temperatura. La recolección se realizó en las quebradas del parque Metropolitano de Guangüiltagua y otros lugares próximos a Quito, como quebradas, terrenos valdíos, que se han convertido en refugios de las plantas nativas de Quito, donde otrora crecieron grandes árboles de cedro, cubiertos de huaicundos y orquídeas que daban sombra a las orillas de los sistemas lacustres del Quito, que fueron menguando con las intervenciones humanas desde el siglo XVI. (León-Yánez, S. & Ayala, M. 2007).

II. ESPACIO SANO

Durante mucho tiempo y desde los albores de la civilización humana, el ser humano ha buscado protección, respecto del medio físico donde se desarrolla.

Esta protección tiene que ver con alcanzar un *confort* integral, no solo físico sino también sicológico.

Para alcanzar este estado de *confort*, el ser humano tiene en su piel, el órgano más extenso de su cuerpo, a través del cual se relaciona con el medio físico que le rodea. (Pallasmaa, 2006).

Pero existe una segunda piel, esta es la vestimenta que usamos de acuerdo con los requerimientos del clima y condiciones ambientales; así tenemos prendas de diferente composición en su fibra textil y asociada íntimamente al factor cultural.

La condición de "*confort* del ser humano se produce al existir un equi-

librio entre las pérdidas y ganancias energéticas del cuerpo humano respecto del medio ambiente". Ester (Higueras, 2006).

Sumada a la piel propia del ser humano, y a la piel con la cual nos vestimos, está la otra piel, aquella con la que nos protegemos de los factores climáticos ambientales, esto es el espacio construido que habitamos, "el cual puede tener una forma básica" o una "forma óptima" que es aquella que desprende la mínima cantidad de kilocalorías en temporada de invierno y que absorbe el mínimo de kilocalorías en la temporada de verano. (Olgyay, 1998).

El concepto de síndrome del edificio enfermo se acuñó por vez primera, cuando las condiciones del espacio construido donde habitamos, creaba condiciones malsanas para el desarrollo de la actividad humana, emisiones de gases y materiales cancerígenos, ruidos por sobre los 70 decibeles, contaminación y escasez del agua, despilfarro de energías no renovables, *disconfort* térmico, uso y abuso de materiales con una enorme carga en su huella ecológica, lo cual producía en el habitante: cansancio, fatiga, enfermedad, intolerancia y otros desórdenes de salud. La Agencia para la Protección de Medioambiente de Los Estados Unidos (EPA) define el síndrome del edificio enfermo, como situaciones cuando los ocupantes del edificio sienten efectos graves contra su *confort* y bienestar, los cuales parecen ser relacionados con el pasar del tiempo dentro del edificio (EPA, 2007). Luego la EPA (2007) clarifica que lo que causa el síndrome del edificio enfermo suele ser a base de ventilación no adecuada, contaminantes como Compuestos Orgánicos Volátiles, y productos de combustión como CO y NO2 y partículas respirables.

A otra escala esto mismo sucede respecto de la "casa grande", es decir el ámbito urbano. Las ciudades están enfermas pues en ellas se sobrexplotan los acuíferos subterráneos, no se tiene una buena gestión del agua lluvia y al eliminar la cobertura vegetal se altera la capacidad de absorción del suelo y se interrumpen los ciclos propios del agua, lo cual agrava el efecto invernadero de las ciudades. Se aumentan los volúmenes de aguas servidas residuales con el consecuente problema de encontrar sistemas ambientalmente amigables para tratarlos.

En cuanto al aire de las ciudades, este está enrarecido por la presencia de gases con metales en suspensión, y demás contaminantes que cambian drásticamente la temperatura y la condición de la temperatura y humedad. Los transportes urbanos también generan gran contaminación, como por ejemplo en la ciudad de México donde

superan el 80% de las emisiones contaminantes urbanas.

De común acuerdo el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, el hemisferio norte del globo terráqueo que representa casi el 20% de la población, consume el 80% de los recursos naturales. Esto hace reflexionar sobre el modelo de desarrollo que anhelamos para nuestras ciudades.

Es por esta razón que surge el Urbanismo Bioclimático o Desarrollo Urbano Sostenible. La planificación de las ciudades y su crecimiento deben estar cimentados en principios básicos:

Trazado de las ciudades, su sistema viario, morfología de manzanas, orientados en forma correcta considerando el asoliamiento, el viento, las vistas generadas, generación de espacios verdes interconectados funcionando como un sistema verde, todo lo que en suma construirá un paisaje urbano sostenible. (Olgyay, 1998).

Es imperativo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos con el aprovechamiento al máximo los recursos naturales de una manera responsable con las futuras generaciones.

Las variables relacionadas con el medio ambiente que influyen sobre la planificación de las ciudades son: sol y radiación solar; viento; agua y humedad; geomorfología; y vegetación la cual bien seleccionada y emplazada, puede mejorar el microclima local: la humedad ambiental, la radiación, los controles de vientos, el ruido y la contaminación ambiental y visual. (Higueras, 2006).

En el caso de nuestra ciudad de Quito, con un área de 12.000 Km2, y situada en la hoya del río Guayllabamba, tiene un clima temperado húmedo, temperatura promedio anual 14°C, un sol canicular fortísimo, con una precipitación anual en el sur de Quito de 1.900 mm y en el norte de Quito de 700 mm. Sin embargo, el clima ha sufrido cambios; es común en nuestros días ver variaciones drásticas en el transcurso de un solo día.

La disposición longitudinal de sus 40 kilómetros y su ancho promedio de cuatro kilómetros, atravesada por quebradas y lomas, ocasiona que sus ejes viales principales estén orientados norte sur en contraposición del aire que corre mayoritariamente de occidente a oriente, si sumamos al hecho de estar a una altura de 2.820 msnm, en una zona tropical, sobre la línea ecuatorial entre la Cordillera de Los Andes y la Cordillera Oriental, formadoras del Gran Cinturón de Fuego del Pacífico, tendremos como resultado unos espacios abiertos que durante el día y en épocas de verano guardan temperaturas altas con una radiación importante.

El vertiginoso ritmo de urbanización, ha roto el equilibrio entre el habitante de Quito y su entorno natural. El encarecimiento del recurso suelo en las urbes, se ha transformado en una mercancía de lujo, sometida a los vaivenes de los intereses especulativos de un mercado cruel, que solamente mira hacia la consolidación de un sistema injusto, de polarización social que tarde o temprano estallará con impredecibles consecuencias sociales.

La alternativa para el poco suelo o disponibilidad del mismo en la ciudad de Quito, es el plano vertical, es decir la verticalización de las ciudades. Vemos como la ciudad está creciendo en altura, pero esta situación demanda de redimensionar sus infraestructuras básicas, de equipamientos urbanos y de soluciones a la movilidad. Este crecimiento en vertical, nos brinda una oportunidad de gestionar ese plano para las propuestas de estrategias urbanas que contribuyan a proporcionar *confort* a la urbe.

La ciudad de Quito, por su geomorfología y topografía irregular, brinda múltiples espacios flanqueados por planos verticales, basta con ver barrios enteros de la ciudad que tienen como zócalo una loma natural, cortes en el talud natural del suelo que exponen generosamente esta superficie para la implementación de una estrategia natural.

De igual manera podemos observar el color grisáceo que tiene la ciudad debido principalmente a grandes muros de contención resueltos con material agresivo como el hormigón, o por presencia y exposición de las fachadas no recubiertas que exhiben en un gran porcentaje sus superficies de bloque de cemento, que no solamente afean el espacio sino que por la composición de su material (sales minerales) inciden de manera negativa en el *confort* de esos espacios y constituyen unos "no lugares".

Pero también está el espacio público como las plazas en el centro histórico con poco verde, las paradas de buses de la ciudad que convocan al ciudadano en períodos de tiempo y en frecuencias que son oportunidades perdidas para disfrutar del *confort*, y otros espacios ambientalmente deteriorados.

Si se retoma la investigación anterior denominada: Árboles Patrimoniales de Quito: su entorno inmediato y su influencia, reiteramos que "el Centro Histórico, en sí mismo es un laboratorio, donde se gestan las relaciones entre el patrimonio arquitectónico construido y el patrimonio vegetal, representado por los árboles patrimoniales; esta relación deviene luego en la percepción de imaginarios urbanos. (Ramírez, 2010)

El árbol patrimonial le confiere a su espacio cercano la categoría de

micro - hábitat, donde se desarrollan y conviven diferentes especies, en un espíritu asociativo y de cooperativismo natural, el mismo que debe ser preservado por el ser humano, pues en ellos está la memoria y la riqueza genética", (Ramírez, 2010).

Son múltiples los beneficios que brindan las especies vegetales en esta labor de generar ciudades más amables con espacios públicos de calidad, con un *confort* que permita la interrelación de los "diferentes", condición necesaria para alcanzar una sociedad más tolerante, socialmente solidaria, ecológicamente sostenible, políticamente gobernable, económicamente incluyente.

Es imprescindible entonces el estudio del acondicionamiento de estos espacios ahora muertos, inservibles, indiferentes, para crear una ciudad con desarrollo sostenible, donde por medio de mobiliario urbano, como es el Muro Orgánico Urbano Silvestre Sostenible, (MOUSS), constituido como elemento arquitectónico que vaya más allá de la mera proyección constructiva genérica, a una relación con el entorno en el cual estos surgen y muestran la profunda relación entre el elemento como tal y el conjunto de factores que definen el entorno cultural, histórico y natural, que forman las fibras de la identidad colectiva, en este caso como quiteños, ecuatorianos y seres andinos.

Condiciones necesarias para la formulación de este mobiliario urbano MOUSS, es el de ser modular, totalmente funcional, ensamblable, flexible y móvil, que funcione con el mínimo manteni-miento y cuya parte viva sea constituida por especies vegetales nativas de la región de enfoque.

La selección de las especies es primordial ya que es a partir del estudio de sus necesidades y comportamientos que serán diseñados los contenedores y superficies de sustento, los soportes y los sistemas de funcionamiento para el muro; asimismo es en ellas en las cuales se manifiesta el vínculo con la naturaleza ancestral y se busca la restitución de la relación hombre–naturaleza y ciudad–naturaleza.

III. DESARROLLO DE FASE 1: INVESTIGACIÓN Y DOMESTICACIÓN DE LAS ESPECIES

SELECCIÓN DE ESPECIES VEGETALES. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

La primera actividad realizada fue la búsqueda de información sobre jardines verticales y sobre plantas nativas ecuatorianas que podrían utilizarse para crear este tipo de jardines. La información sobre jardines verticales se obtuvo principalmente del internet especialmente de su creador e impulsador en la modernidad el francés Patrick Blanc. La información sobre plantas nativas se consultó en el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (JORGENSEN & LEÓN-YÁNEZ, 1999), la Enciclopedia de Plantas Útiles del Ecuador (de la Torre et al. 2008) y la Guía de Flores Nativas de Quito (León-Yánez 2007).

Se pretende que estos jardines sean autosustentables en gran medida y que requieran de un mantenimiento mínimo por lo cual se buscó plantas que resistieran condiciones al exterior con fuerte insolación y resistentes a los cambios de temperatura.

Se realizaron varias salidas para observación y recolección de plantas: al Parque Metropolitano, Parque Itchimbía, varias quebradas de Quito y sus alrededores, Cumbayá, Tumbaco. Se realizaron recolecciones de plantas en algunos de los lugares visitados y en jardines de Quito.

En general se escogieron plantas que tuvieran las siguientes características: que fueran lo suficientemente pequeñas para adaptarse a los contenedores del micromódulo de jardines verticales; que las plantas fueran tolerantes a la luz por la fuerte insolación que hay en Quito; que fueran plantas de rápido enraizamiento; que fueran plantas perennes es decir que no suelen secarse anualmente. Además se probaron algunas especies de plantas introducidas para control.

No se descarta el uso y experimentación con plantas exóticas, que podrían proporcionar al muro orgánico variación en color, textura, consistencia, y manejar de forma asociativa y con un componente de cooperativismo entre las diferentes especies del muro.

RECOLECCIÓN Y AMBIENTACIÓN DE LAS ESPECIES

Dentro del proyecto se planteó que durante esta primera etapa se busquen y seleccionen las especies de flora nativas que potencialmente puedan ser empleadas dentro de la construcción del muro vegetal, dentro de la visión del proyecto en cuanto a evidenciar el valor de la naturaleza propia de la ciudad y su propuesta de restaurar el lugar ocupado por la artificialidad de la urbe. Consecuentemente, durante estos meses de desarrollo del proyecto, ha sido posible la identificación y recolección de varias especies nativas, labor que resulta ardua si consideramos que estamos en un país donde existen 15.306 especies nativas, de las cuales 4.173 se registran como endémicas del Ecuador y solo en la Provincia de Pichincha hay 9 familias: Orchidáceas con 825 número de especies; Asteráceas con 362, Poáceas con 204 número de especies, Piperáceas con 177 número de especies, Araceas con 160 número de especies, Dryopterideáceas con 156 número de especies, Solanáceas con 151 número de especies, Melastomateáceas con 120 número de especies, y Bromeliáceas con 118 número de especies, (Jorgensen & León-Yánez, 1999). Este estudio se ha estado llevando a cabo con el apoyo de la Facultad de Biología que, gracias a su conocimiento en el campo, ha logrado el mantenimiento de las especies recolectadas en condiciones favorables, preparándose para la siguiente etapa del proyecto: el diseño de las bases móviles y el traslado de las especies a ellas.

Las especies que la visión de este proyecto determina encontrar, son especies de características fuertes de supervivencia y de adaptación al entorno cambiante de Quito, pues es la intención del proyecto encontrar un funcionamiento del mismo con el requerimiento del mínimo mantenimiento que sea posible.

Dadas las condiciones de adaptación al entorno requerida de las especies para el muro orgánico, se decidió que la búsqueda y recolección de las mismas debería ser en un entorno silvestre que represente las particularidades del entorno natural de la ciudad y a la vez que muestre la capacidad de supervivencia de las especies que allí habiten. La recolección se realizó en las quebradas del parque metropolitano con el apoyo de un guía del lugar y de la bióloga Susana León., en los lugares que se marcan en el plano y también en las inmediaciones de la PUCE.

Recolección de Plantas en el Parque Metropolitano de Guangüiltagua - Quito.

- Cota: 2.924 msnm
  De sur a norte:
- Quebrada El Batán Grande (1)
- Quebrada Ashintaco (2)
- Quebrada El Guabo (3)
- Quebrada El Rosario (4)

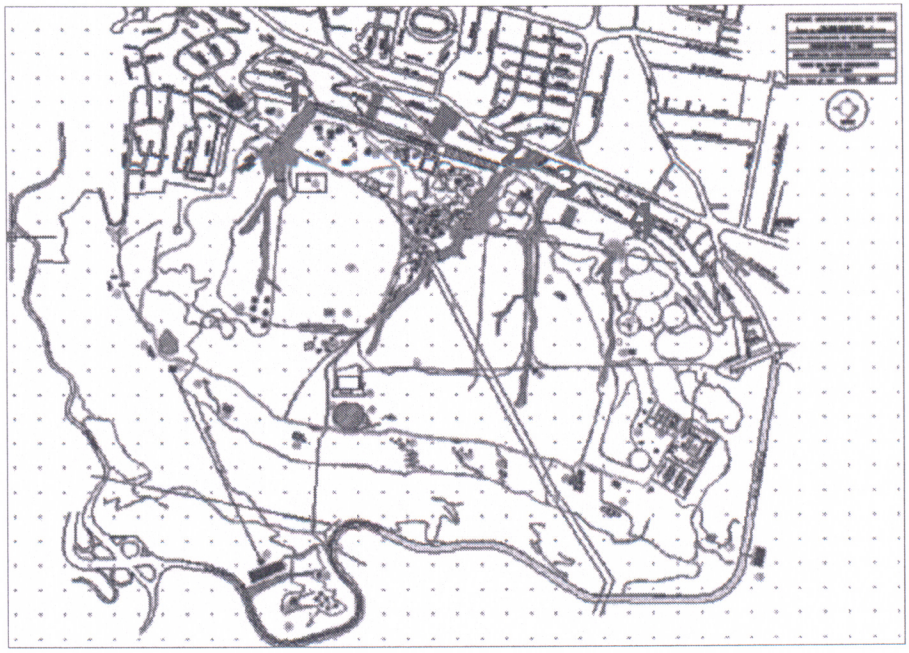


Figura 1. Parque Metropolitano de Guangüiltagua, ubicación de las quebradas
Fuente: Plano del Plan Maestro, Unidad Técnica PMG, PyJ, EMOPQ, 2000

Las especies recolectadas en el lugar fueron:

- Sagalita
- Flor de iso
- Tipo (menta silvestre)
- Ñacha
- Hidrocotile
- Helechos
- Nigua

Fotos de las especies en procesos de domesticación:

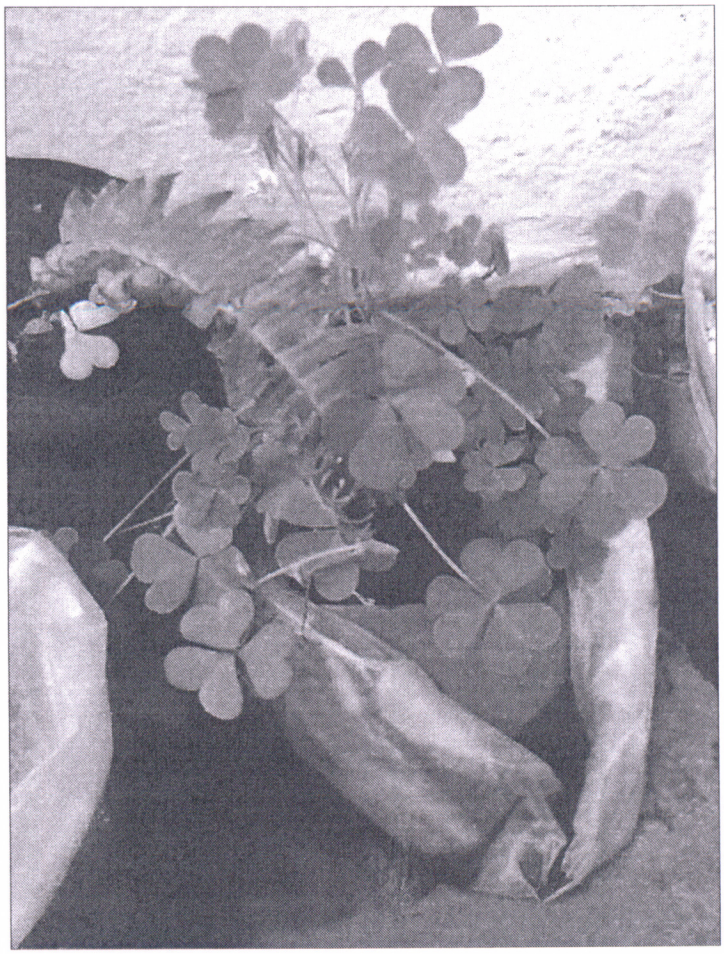


Figura 2. Helechos y trébol.
Fuente: Arq. Ramírez Francisco, 2011

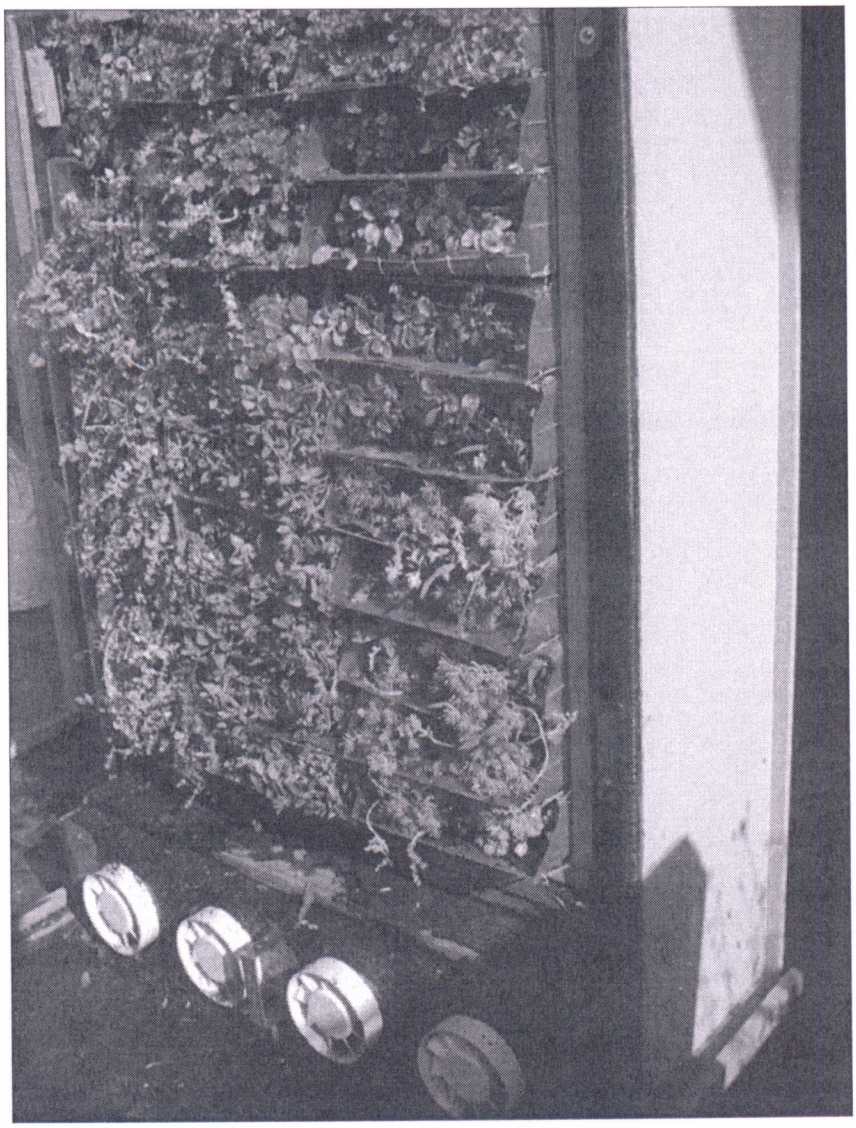


Figura 3. Macromódulo armado en caja de experimentación, con micromódulos contienen Lamiaceáe sp. (Coleus), Crassuláceae (Flor amarilla), Aptenia sp. e indeterminada (Larga)
Fuente: Arq. Ramírez Francisco, 2011

RESULTADOS GENERALES

Las plantas que se obtuvieron con el mantenimiento de la raíz húmeda y que se sembraron en tierra lo más rápido posible, tuvieron muy buena supervivencia.

Durante el período de adaptación, las plantas que estuvieron en sombra fueron las que tuvieron mayor éxito en la supervivencia, mientras que aquellas expuestas al sol directo desde un principio, murieron casi en su totalidad.

El cuidado durante el período de adaptación, tanto en fundas plásticas con tierra como en micromódulos con diferentes sustratos, es fundamental para que la planta tenga éxito. Las plantas tienen que estar totalmente adaptadas antes de someterles a luz directa y ausencia de riego.

Al colocar los micromódulos verticalmente hay que tomar en cuenta que los micromódulos que se encuentren en la parte inferior son los que menos riego van a recibir; por lo tanto sería recomendable ubicar plantas más fuertes en esta zona.

Es fundamental contar con un micromódulo que tenga un área suficiente para la siembra y manipulación de las plantas.

El macromódulo debe contar con las comodidades suficientes para el remplazo de los micromódulos cuando sea necesario, además de proporcionar a las plantas las condiciones adecuadas y brindar un *confort* térmico en el lugar donde sea instalado.

IV. DESARROLLO DE FASE 2: DESARROLLO DE MICRO-MODULO, BASE PARA LAS ESPECIES

La segunda etapa del proyecto MOUSS, posterior a la recolección y ambientación de las especies de plantas, requirió el desarrollo de un medio móvil de sustento para ellas. El objetivo principal de esta segunda fase del proyecto consistió en el planteamiento de dicho medio: un módulo donde habite la planta y que posteriormente pase a formar parte del muro orgánico, que haga posible la transición del estado horizontal al estado vertical de las especies.

Para ello se llevaron a cabo tres procesos principales.

1. El primero fue la continua observación y mantenimiento de las especies que fueron recolectadas en la fase anterior.

2. El segundo fue el análisis de las necesidades que presentaría el módulo móvil para las especies y el diseño del mismo. Y,

3. El tercero, que se llevó a cabo paralelamente, fue la continuación de las mediciones en la caja de experimentación para constatar el efecto de *confort* térmico que propicia el sustrato y las plantas dentro de un ambiente.

El trabajo se llevó a cabo a través de tres grupos de trabajo interrelacionados en varias sesiones, cada uno encargado de la ejecución de uno de dichos procesos: para el monitoreo y mantenimiento de las plantas, un equipo de biología; para el diseño del módulo móvil, un equipo compuesto por dos pasantes de diseño; y, para la toma de datos y mediciones dentro de la caja de experimentación, un equipo de estudiantes de arquitectura.

Los resultados obtenidos de esta etapa del proyecto han cumplido con los plazos y propuestas planteados para este período y lograr así, como fin de esta etapa y síntesis de la misma, la exitosa transición de las especies de un estado horizontal a un estado vertical dentro del módulo móvil y la toma de datos del panel compuesta por ellas.

DISEÑO DEL MÓDULO MÓVIL PARA LAS ESPECIES

Para el planteamiento y elaboración del módulo móvil para las especies, se tomaron en cuenta las necesidades que su aplicación implica como las principales determinantes para el diseño del mismo y estas son: proporcionar la capacidad para mantener el sustrato que de soporte a la planta y ofrecer contingencia para el mismo. Además el módulo debía ser un objeto liviano y con materiales permeables que permitan la interacción con el aire en el ambiente y también entre ellos. Finalmente, el módulo debía ofrecer la posibilidad de ser ensamblado en grupos para formar paneles verticales de los mismos.

Para que la planta sobreviva en un módulo, fue fundamental considerar que este permita que la planta tenga la libertad de enraizarse sin dificultad y que a su vez la tierra no caiga por estar en posición vertical. Después de una larga serie de pruebas, se logró obtener un módulo con las medidas necesarias para brindarle espacio al sustrato que la planta necesita como sustento y a la planta en sí. Se buscó que dentro de un módulo se implante una especie que no requiera grandes cantidades de sustrato para sobrevivir. Esto permitió que el módulo sea más liviano y facilite su manejo, agrupación y a la vez otorgar una inclinación mínima de 10 grados en cada módulo.

MATERIALIDAD

Los materiales que se buscaron para el diseño del módulo, debían aportarle una superficie sólida permeable así como estructura y rigidez. Se emplearon para la superficie permeable del mismo, mallas plásticas y para su estructura, malla metálica, con el trabajo de ambos como dos capas que conformen la superficie que constituye el módulo.

Dimensiones:

- Profundidad mínima: 15 cm
- Profundidad máxima: 20 cm
- Ancho: 30 cm
- Altura del módulo: 10 cm

EVOLUCIÓN DEL MICROMÓDULO

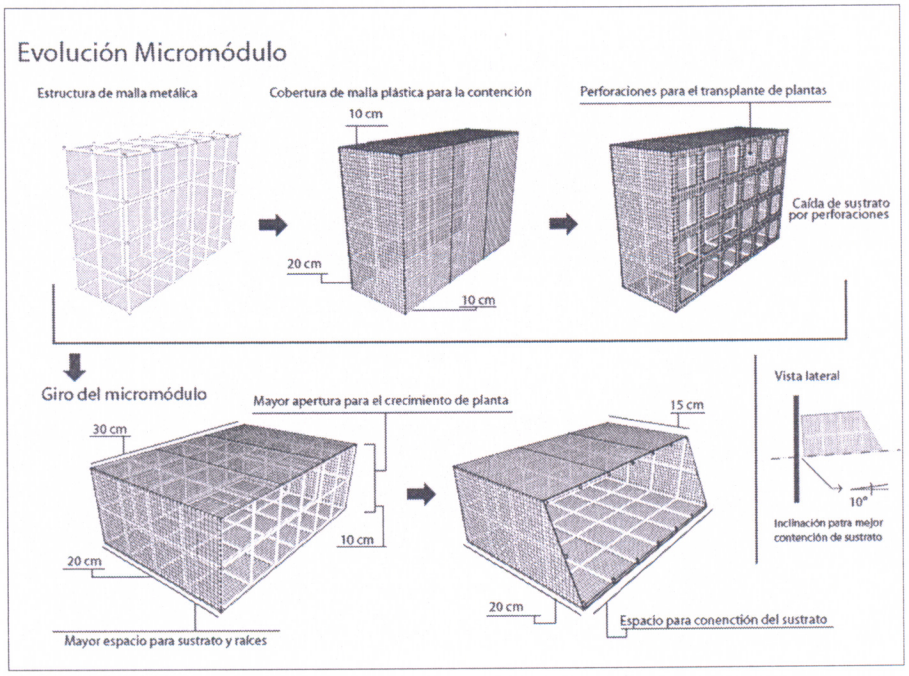


Figura 4. Evolución del Micromódulo
Fuente: Armijos Santiago y Sarasti José, 2011

V. BIOACONDICIONAMIENTO TERMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

EL SUSTRATO Y SU APLICACIÓN COMO MEDIO DE REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE AMBIENTE

Los beneficios de las plantas en la vida del ser humano son muchos:

• Los resultados de este trabajo muestran que las plantas pueden ejercer un beneficio grande para la regulación térmica de un espacio, y que esta depende de los factores del clima como la radiación, la temperatura, temperatura húmeda y la velocidad del viento.

• Plantas que tienen la característica de ser un biofiltro por la actividad de los microbios que se encuentran alrededor de las raíces (Wolverton, 1989, Munz, Dixon and Darlington, 2004).

• Las hojas capturan las partículas de la contaminación como por ejemplo el polvo y partículas respirables.

• El sustrato es un poderoso absorbedor de sonido (Ontario Ministry of the Environment, 1997)

• Plantas que nos permiten estar en contacto con la naturaleza, lo cual tiene su beneficio sicológico (Ulrich et al, 1991, Lohr, 1996, Fjeld et al, 1996 y Flower and Plants Association, 2011).

Dentro del tema de la adaptación de las especies, juega también un papel importante el medio que requieran para desarrollarse, que en el caso el MOUSS se centra en el sustrato en el cual la especie se implante y en la estructura que sostendrá el conjunto de sustrato, especie y sistemas de mantenimiento del muro orgánico.

Es en el caso del sustrato que el equipo de trabajo del proyecto ha encontrado un gran potencial de desarrollo alternativo del proyecto que suma las ventajas de la implementación del mismo. Este potencial es la utilización del MOUSS como un modificador del ambiente. La manera en la cual el aire circula alrededor o a través del sustrato y su interacción a la vez con la planta es capaz de modificar la temperatura de un ambiente y refrescarlo. Es en esta potencial aplicación del MOUSS que se ha encontrado un gran punto de sustento para el proyecto mediante el fortalecimiento de su visión y por ello también se la ha tomado como tema de experimentación para el planteamiento del mismo. Para ello se ha construido un ambiente de experimentación en el que se puede probar diferentes tipos de sustrato y

las reacciones en el ambiente que son capaces de generar, son monitoreadas mediante un proceso de medición establecido y gracias a equipos especializados para ello.

Para medir el rendimiento del jardín vertical como unidad activa para controlar la temperatura, se aplica la ecuación de Penman-Monteith, FAO-56, y se describe a lo largo de las mediciones respectivas, las condiciones climáticas al momento de tomar medidas. Esta fase experimental del proyecto, se apoya en la comprobación del modelo matemático con referencia a la cuantificación de la transpiración de las plantas o la evaporación del sustratos, y su efecto ambiental.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma(\frac{900}{T+273})U(e^0 - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U)}$$

Donde:

Rn corresponde a la radiación.

T corresponde a la temperatura.

U_2 corresponde a la velocidad del viento.

e^0 y e_a son elementos relacionados con la humedad relativa.

Las mediciones necesarias para constatar este efecto de ambientación se han realizado a lo largo de las dos fases planificadas como primer año del MOUSS y se describen más adelante.

CAJA DE EXPERIMENTACIÓN

La caja de experimentación consiste en un medio para experimentar la interacción del aire con el sustrato, que permite medir y conocer la velocidad, temperatura y radiación que experimentan ambos, bajo diferentes condiciones de interacción:

- Con el aire que circula por detrás del sustrato
- Con el aire que circula por delante del sustrato
- Con el aire que atraviesa el sustrato

La caja fue construida con el fin de comprobar los efectos de ambientación que diferentes tipos de sustratos y especies vegetales pueden tener sobre el aire que circula en ellos.

Los factores tomados en cuenta para la medición de dichos efectos son:

- Temperatura ambiental el momento de la experimentación
- Temperatura de entrada del aire en la caja
- Temperatura del aire en diferentes secciones del recorrido
- Temperatura de salida del aire de la caja
- Velocidad de entrada del aire
- Velocidad de salida del aire
- Radiación promedio durante el momento de la experimentación
- Radiación sobre el muro en diferentes secciones

MEDICIÓN Y PROCEDIMIENTO

Para la medición de los parámetros antes indicados, el equipo definió ciertos lineamientos y protocolo de esta, que pudieran garantizar la igualdad de las condiciones de cada una con el fin que sean comparables unas con otras, si se consideran también que el estudio debería tomar en cuenta dentro de un rango aceptable las variaciones propias del ambiente, que de igual manera afectarán al proyecto cuando se encuentre en ejecución como lo es el clima.

Los datos a recolectar en las mediciones también incorporan una fotografía del cielo que registra las características ambientales al momento de tomar las diferentes medidas para poder introducirlo en las matrices de resultados.

Como parámetros comunes para todas las mediciones, la caja se encuentra marcada en su ancho por cuatro guías que sirven para crear una matriz del comportamiento dentro de ella: A, B, C y D.

En su altura la caja está marcada por tres secciones que tienen la misma función que las guías verticales: Arriba, Medio y Fondo.

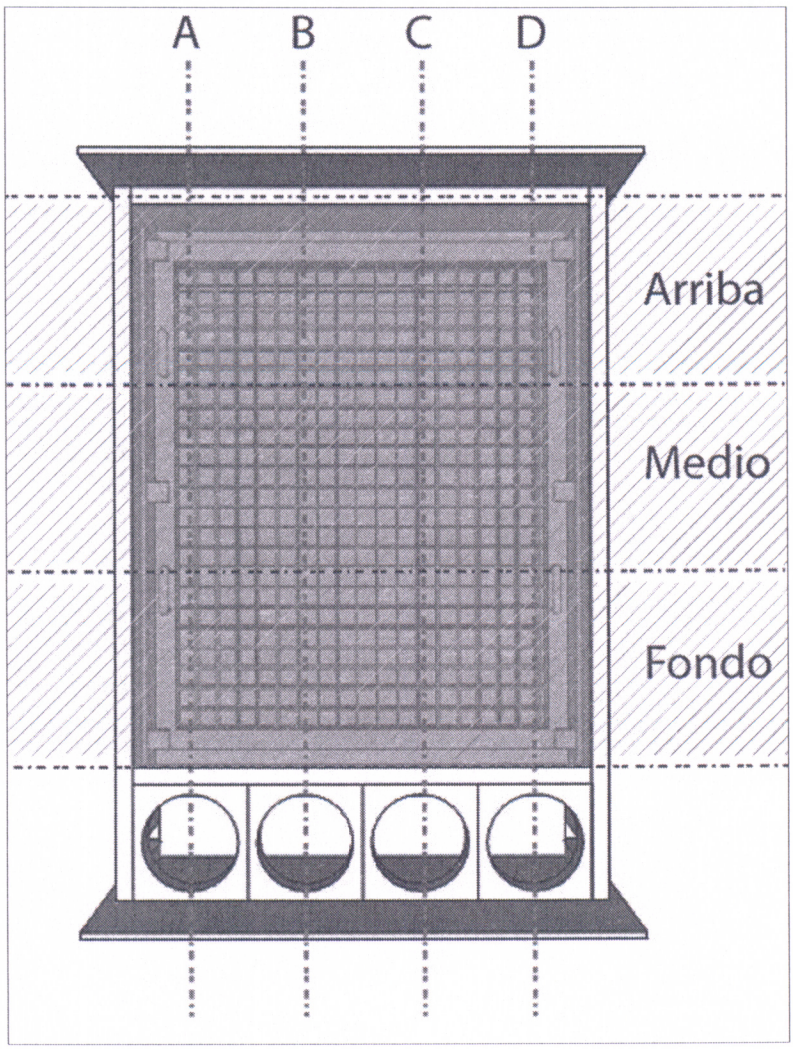


Figura 5. Posiciones de medición
Fuente: Armijos Santiago, 2011

PLANOS DE LA CAJA DE EXPERIMENTACIÓN

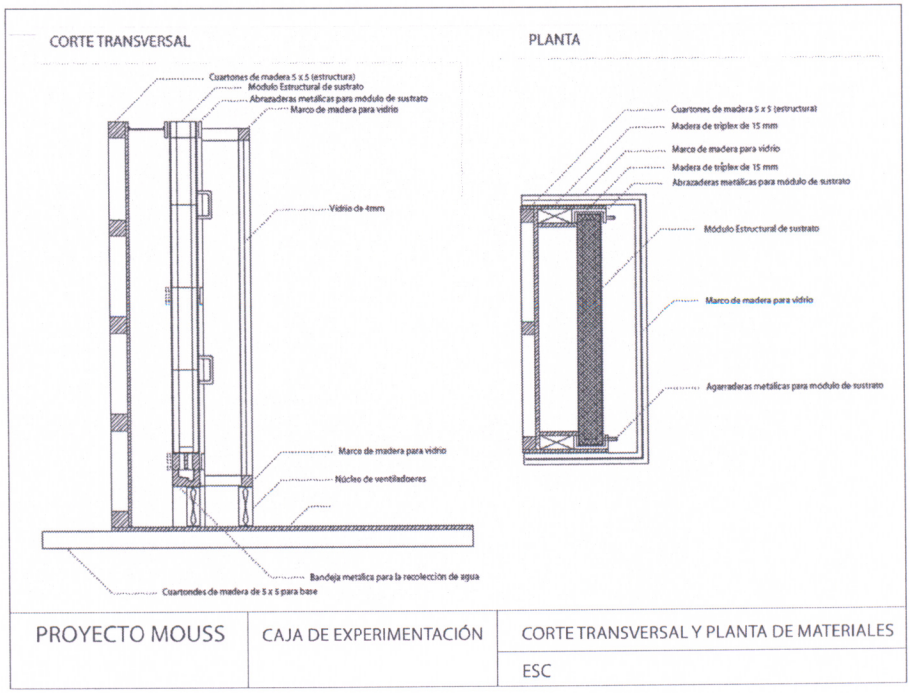


Figura 6. Corte y planta de Caja de Experimentación
Fuente: Armijos Santiago, 2011

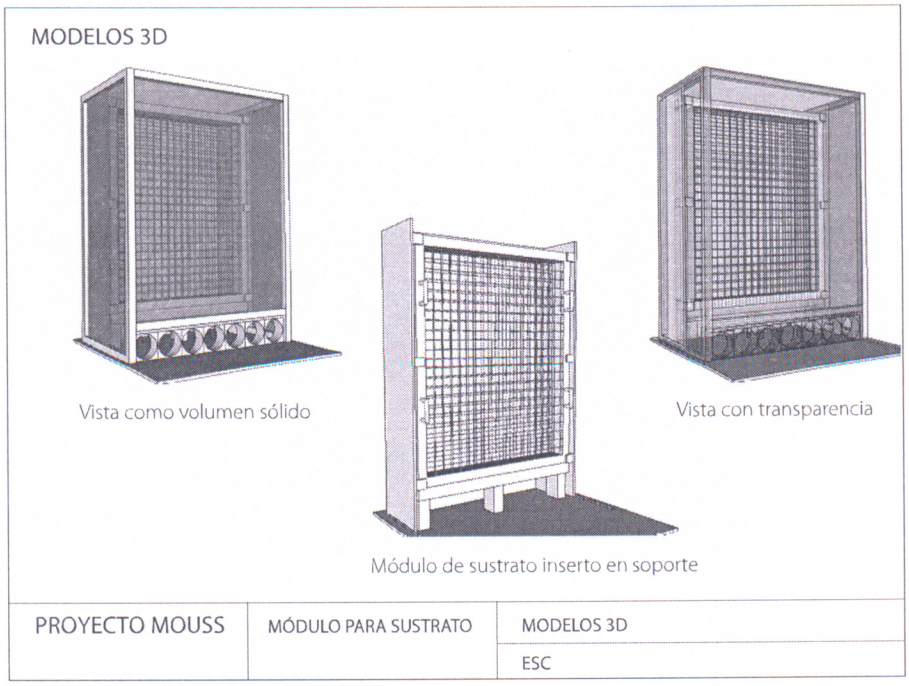


Figura 7. Caja de experimentación en posiciones cerrada y abierta
Fuente: Armijos Santiago, 2011

CONDICIONES PARA LAS MEDICIONES

Durante la experimentación del sustrato en caja, las mediciones se han realizado para buscar una buena irradiación sobre el sustrato, días con clima favorable y períodos de medición similares. Las mediciones han sido realizadas desde las 10h00 hasta las 17h00, período en los cuales el sol puede llegar al sustrato y permitir la interacción del factor radiación sobre el comportamiento del mismo.

En el caso de días de lluvia o extremadamente nublados, se ha omitido efectuar mediciones, dado que los resultados obtenidos muestran que el funcionamiento de la regulación térmica del ambiente tiene un límite de acción que es aproximadamente los 17 grados centígrados, de manera que si el día tiene condiciones que se acerquen a dicho límite, los resultados obtenidos no muestran variaciones considerables.

La ubicación de la caja de experimentación ha sido una sola durante todo el proceso, esto es orientación hacia el occidente, con el fin que los resultados obtenidos en las diferentes mediciones sean comparables, tomando en cuenta, como ya se dijo antes la variación de los factores reales de clima que experimentaría el MOUSS en su ejecución.

Las mediciones fueron realizadas a lo largo de la fase 1 y de la fase 2 en los meses de junio, agosto, septiembre y noviembre. Las mediciones y sus interpretaciones se adjuntan a este documento al final del mismo.

Equipos de medición:

- 1 Computador portátil DELL, latitude- E6400
- 1 Medidor de radiación MACSOLARC
- 2 Sondas de inmersión SCHILTKNECHT
- 2 Medidores de temperatura DOSTMANN
- 1 Anemómetro PLEI
- 1 Software MACSOLAR
- 1 Software SMARTGRAPH
- 1 Termohigrómetro: LASCAR EL-USB-2 TEMP. LOGGER

VI. VEGETACIÓN Y *CONFORT*

El agua cumple un papel en el *confort* por su efecto climatizador. Esta tecnología a pesar de ser innovadora, existe de otras formas desde hace muchos años atrás.

La presencia de piletas o fuentes de agua en parques y jardines, cumplen un papel semejante. Al suceder una evapotranspiración de las plantas, se produce una baja en la temperatura y aumento de la humedad lo cual genera sensaciones de frescura. Un jardín vertical puede ser activado a través de una velocidad y dirección controladas del aire, lo cual abre la posibilidad de controlar la cantidad de transpiración o evaporación que ocurre.

Un jardín vertical activo puede convertirse en un enfriador por evaporación. Las unidades evaporadoras son máquinas que trabajan en el enfriamiento y humidificación del aire caliente y seco por medio del contacto con el agua. Un jardín vertical trabaja de la misma man-

era, funciona como un enfriador por evaporación. En vez de usar energía para causar evaporación, usamos la energía que se usa para evaporar el agua y producir baja temperatura y un incremento de humedad. En este caso el aire caliente y seco es forzado a pasar a través del sustrato húmedo, lo cual enfría y humidifica el aire por la evaporación del agua.

METODOLOGÍA

Hay tres maneras con las cuales se puede hacer pasar el aire:

1. Por delante de las plantas, entre las hojas y un cristal;
2. Por detrás del sustrato, entre la tierra y la pared;
3. A través del sustrato.

Un total de tres experimentos fueron realizados:

- El panel vertical con tierra sola.
- El panel vertical con sustrato (tierra abonada + hojarasca + pomina) solo.
- El panel vertical con plantas sembradas.

Un modelo matemático fue desarrollado para estimar la cantidad de transpiración o evaporación y la bajada de temperatura.

RESULTADOS
EL AIRE POR DELANTE DE LAS PLANTAS

En teoría, al pasar el aire entre las hojas y el cristal, la transpiración de las plantas incrementa, lo cual enfría y humidifica el aire. Sin embargo, fue observado que con el sustrato solo la temperatura del aire aumentó y con las plantas sembradas bajó acaso un grado. Esto fue menor de lo que se supondría basado en el modelo matemático.

Se puedo concluir que es muy probable que el efecto de calentamiento por la irradiación solar del aire tiene una influencia mucho más grande que la del enfriamiento del aire por la evaporación o transpiración. En total existe un efecto invernadero.

EL AIRE POR DETRÁS DEL SUSTRATO

Cuando el aire fue pasado por detrás de las plantas, estaba protegido de la irradiación solar, y por lo tanto no hubo el efecto invernadero que se observó cuando el aire pasaba por delante. Además parece haber una fuerte correlación entre el modelo matemático y las mediciones del experimento. En este caso la humedad relativa tuvo que ser estimada a base de datos de la temperatura húmeda y datos climáticos de Quito. Sin embargo, los resultados son favorables, lo cual indica que merece la pena investigar más profundamente con mediciones directas de la humedad relativa en el futuro.

EL AIRE A TRAVÉS DEL SUSTRATO

En este caso el jardín vertical funciona exactamente igual que una unidad evaporadora. La bajada de la temperatura en una unidad evaporadora se basa en la eficiencia de la unidad, y la velocidad del viento que atraviesa el material húmedo de la unidad. En este caso se supone que el aire fluye de una forma uniforme por toda la superficie del jardín vertical. El modelo matemático nos dice que la eficiencia de los jardines verticales son:

- 22% para el sustrato solo
- 7% con las plantas sembradas

Estas son eficiencias muy bajas comparado con el promedio de entre 80% a 90% que es típico de una unidad evaporadora.

CONCLUSIONES

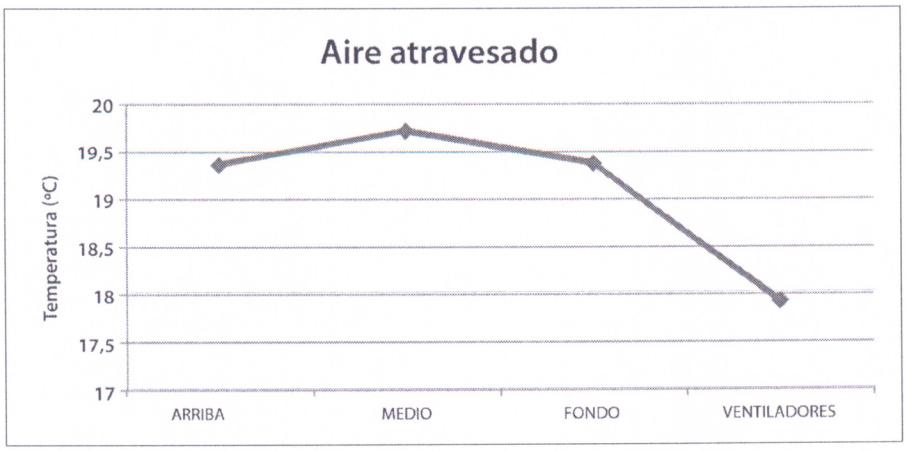
Los resultados del experimento han sido muy importantes. De las tres maneras de enfriar y humidificar el aire por un jardín vertical activo, parece ser que la metodología de pasar el aire por detrás del jardín ha sido la más exitosa. Cuando el aire pasa por delante del jardín, el efecto invernadero disminuye o cancela por complete el efecto de enfriamiento por transpiración o evaporación. Cuando el aire pasa a través del sustrato solo, aunque enfría y humidifica el aire, la eficiencia es muy baja y baja aun más con las plantas sembradas.

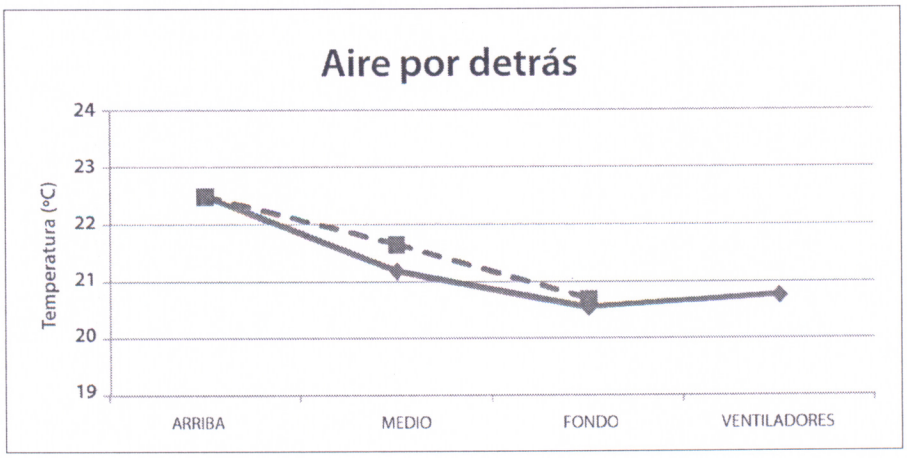
Además cuando el aire pasa por detrás del sustrato, primero es protegido de la irradiación solar y el efecto invernadero y segundo hay una correlación fuerte entre el modelo matemático y las mediciones.

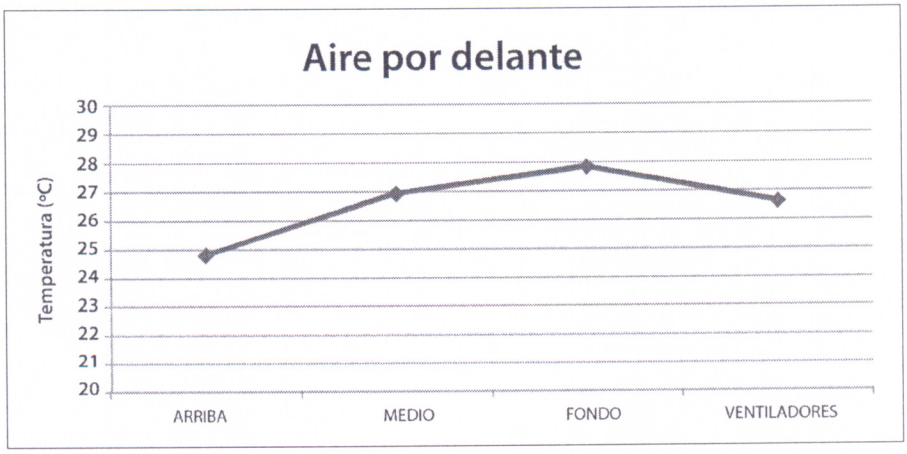
RECOMENDACIONES

Es recomendado seguir la investigación más profundamente, con mediciones exactas de la humedad relativa para poder afinar el modelo matemático.

Gráfico 1
Gráficos con los datos del modelo matemático marcados en rojo







Fuente: Ing. Davis Michael, 2011

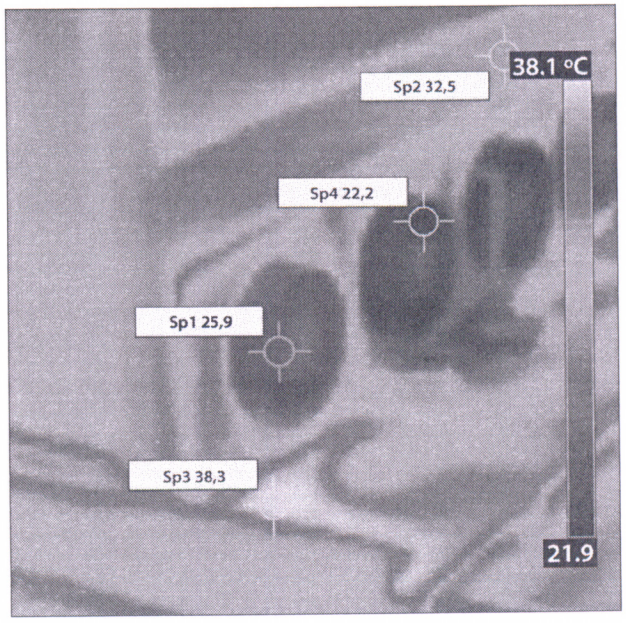


Figura 8. Fotografía con una cámara térmica, del jardín vertical en funcionamiento
Fuente: Mtr. Jiménez Sylvia, 2011

VII. CONCLUSIONES

Para poder concluir esta primera etapa del proyecto MOUSS, perteneciente al primer año, podemos decir que hemos explorado las especies vegetales que potencialmente se adaptan de mejor manera al plano vertical y a los requerimientos definidos para su ubicación urbana.

Estas especies vegetales son: con Lamiaceae sp. (Coleus), Crassulaceae (Flor amarilla), Aptenia sp. e indeterminada (Larga).: Hydrocotyle sp., Cymbalaria muralis, Alternanthera porrigens, Tillandsia recurvata e Iresine herbstii. (Jorgensen & León-Yánez, 1999).

Estas especies tienen un uso ambiental muy específico, por ejemplo, Lamiaceae sp. (Coleus) sirve para cercas, barreras, soportes, y regeneradoras de vegetación, pudiendo las otras especies ser indicadoras de dos tipos: Bioindicadoras que presentan efectos visibles tras ser expuestas a la contaminación y las Bioacumuladoras que no presentan efectos visibles tras su exposición, sino que acumulan el contaminante. (De la Torre, et al., 2008).

En cuanto al sustrato, el de mejor resultado es aquel conformado por: 40% de tierra con humus de lombriz, cascarilla de arroz (o pomina), 40% hojarasca, 20% turba.

La domesticación de especies que se encuentran en el medio natural de la ciudad de Quito es posible, aunque no hay información al respecto, es un proceso que resulta en un espécimen sano y estable si se lleva con cuidado y tiempo para la adaptación.

El proceso de transplante es importante para facilitarle a la planta su adaptación, debe ser realizado con sumo cuidado para evitar efectos negativos sobre la misma.

Las plantas que se obtuvieron al mantener húmeda la raíz y que se sembraron en tierra lo más rápido posible, tuvieron muy buena supervivencia.

Durante el período de adaptación, las plantas que estuvieron en sombra fueron las que tuvieron mayor éxito en la supervivencia, mientras que aquellas que se expusieron al sol directo desde un principio, murieron casi en su totalidad.

El cuidado durante el período de adaptación, tanto en fundas plásticas con tierra como en micromódulos con diferentes sustratos, es fundamental para que la planta tenga éxito. Las plantas tienen que estar totalmente adaptadas antes de someterles a luz directa y ausencia de riego.

Es fundamental contar con un micromódulo que tenga un área suficiente para la siembra y manipulación de las plantas.

El macromódulo debe contar con las comodidades suficientes para el remplazo de los micromódulos cuando sea necesario, además de proporcionar a las plantas las condiciones adecuadas y brindar un *confort* térmico en el lugar donde sea instalado.

En cuanto a la experimentación realizada para el uso de las especies vegetales en la generación de *confort* térmico de espacios arquitectónicos, hemos explorado para la climatización de espacios a través de un jardín o muro en posición vertical al cual hemos sometido a las siguientes acciones:

A. Correr el aire por delante de las plantas, lo cual corresponde a climatización por medio de la transpiración de las plantas.

Este método no funciona bien, dado que la irradiación solar hace un efecto invernadero, pues el sol calienta el aire, y este ya no es enfriado por las plantas con eficiencia, el aire sale húmedo y caliente.

En este caso no hace falta una comparación con el modelo matemático representado en el gráfico respectivo por la línea roja; en este caso ausente porque es obvio que en el experimento la temperatura sube.

B. Correr el aire por detrás del jardín vertical, lo cual corresponde a climatización a través de la evaporación de agua del sustrato mojado.

Este método funciona muy bien. Los datos corresponden al modelo matemático expresado por la línea roja en al gráfico. Pero sería bueno tener datos más exactos sobre la humedad relativa.

C. Verificar que el aire atraviese el jardín vertical, lo cual también corresponde a climatización por evaporación de agua del sustrato mojado.

Este método funciona, pero no es muy eficiente. En este caso en vez de calcular una línea roja, el modelo matemático calcula la eficiencia de jardín vertical como unidad de aire acondicionado evaporadora. La eficiencia es del 7%, esto es mucho más bajo de lo previsto.

Verificar que el aire corra por detrás del sustrato es el método que parece tener más éxito para la climatización de espacios, vía la activación de un jardín o muro orgánico en posición vertical.

VIII. RECOMENDACIONES

El estudio y seguimiento de las especies nativas, posibilitó reconocer las más apropiadas para el MOUSS; sin embargo, se hace necesario investigar su propagación, con el fin de alcanzar una cantidad importante para tapizar el Jardín Vertical.

Por el carácter y nivel de especialización, recomendamos que la propagación de varias especies nativas, sea el tema central de un nuevo proyecto de investigación, en el campo de la biología.

Debe explorarse como espacios a contener los MOUSS, también aquellos espacios urbanos conformados por planos inclinados y con fuerte pendiente, productos de la propia topografía de la ciudad pero también aquellos que han resultado de la acción humana como la gran variedad de muros de sostenimiento de infraestructura urbana.

Es recomendado seguir la investigación de climatización ambiental a través de un jardín vertical más profundamente, con mediciones exactas de la humedad relativa para poder afinar el modelo matemático.

Se debe continuar en el segundo año del proyecto (etapa dos), con los objetivos planteados inicialmente, esto es: el desarrollo de sistemas de estructura para micromódulo y macromódulo, sistemas de riego, drenaje y mantenimiento.

A la implementación de prototipos del MOUSS, se debe realizar el respectivo seguimiento relacionado con su efectividad, reacción al vandalismo, respuesta en la conducta social de los ciudadanos, y otros beneficios, con el fin de retroalimentar esta propuesta.

LITERATURA CITADA

De la Torre, L. Navarrete, H. Muriel, P. Macía, J. & Balslev, H. (eds.). (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador.* Herbario QCA & Herbario AAU. Quito. Ecuador.

Flowers and Plants Association., 2011. "Plant and your health", [Online]. Available at: httphttp://www.flowersandplants.org.uk/plants/plants-and-your-health.html [Accessed 15 May 2011].

Higueras, E.,(2006). *Urbanismo Bioclimático.* Editorial Gustavo Gili. Barcelona. España.

Jørgensen, P.M. & León-Yánez, S (eds.). (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador.* Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: i–viii, 1–1182. Saint Louis. USA.

León-Yánez, S. &, Ayala, M. 2007. *Flores Nativas de Quito, Guía Fotográfica.* Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. Ecuador

Lohr, V.I., Pearson-Mims, C.H. & Goodwin, G.K., 1996. "Interior plants may produce worker productivity and reduce stress in a windowless environment". *Journal of Environmental Horticulture,* vol. 14(2), p.97-107.

Munz, G., Dixon, M. & Darlington, A., 2004. "The Removal of Carbon Monoxide by Botanical Systems", [Online]. Available at: http://www.naturaire.com/library15.html [Accessed 28 Nov 2007].

Olgyay, V, (1998). *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.* Editorial Gustavo Gili, Barcelona. España.

Ontario Ministry of the Environment., 1997. *Noise Assessment Criteria in Land Use Planning: Requirements, Procedures and Implementation.* Ontario, Canada: Ontario Ministry of the Environment.

Wolverton, B.C., Dougleas, W.L. & Bounds, K., 1989. *A Study of Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement.* USA: NASA John C. Stennis Space Centre.

Ramírez, Francisco, 2010. *Árboles Patrimoniales de Quito: su entorno inmediato y su influencia.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. Ecuador. Proyecto de Investigación. Quito. Ecuador.

Aragundi, S. Jiménez, S y Calle, F. (2009) *Techo Verde.* Mimeo/reporte de trabajo. PUCE. Quito, Ecuador.

"Jardines Verticales". Internet:

- www.paisajismourbano.com/jardines-verticales.php
- www.nytimes.com/imagepages/2010/05/05/garden/05green_popup.html
- www.nytimes.com/2010/05/06/garden/06vertical.html?_r=2
- www.diygreenwalls.blogspot.com/
- www.eltlivingwalls.com/living-walls/
- www.diygreenwalls.blogspot.com/
- www.youtube.com/watch?v=hNQgBTPrKFM&feature=related
- www.youtube.com/watch?v=wmc0jhHziZ4&feature=channel