



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS MONTECILLO**

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

### **FRUTICULTURA**

**PENDIENTES DE CRECIMIENTO EN EL  
DESARROLLO VERTICAL DE ORNAMENTALES EN  
PAREDES VIVAS**

**MARÍA GUADALUPE PERALTA SÁNCHEZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2008

La presente tesis, titulada: “**Pendientes de crecimiento en el desarrollo vertical de ornamentales en paredes vivas**” realizada por la alumna: “**María Guadalupe Peralta Sánchez**”, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO**



---

DR. JORGE ANTONIO GUTIERREZ ESPINOSA

**ASESOR**



---

DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN

**ASESOR**



---

DR. J. CRUZ GARCÍA ALBARADO

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 2008

PENDIENTES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO VERTICAL DE  
ORNAMENTALES EN PAREDES VIVAS

María Guadalupe Peralta Sánchez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

**Resumen**

El establecimiento y uso de paredes vivas se ha promovido en respuesta al desarrollo de la industria hortícola, la ecología y el paisajismo urbano. Las paredes vivas están constituidas por especies vegetales dispuestas en un arreglo vertical sobre estructuras pre construidas de diversos materiales, establecidas en interiores o exteriores. La selección de las especies vegetales adecuadas y los efectos de la verticalidad o pendiente sobre el desarrollo de las plantas son esenciales para el rendimiento de la pared viva. La tasa de sobrevivencia (%), el porcentaje de cobertura (%) y la producción de biomasa fresca y seca (g) fueron utilizadas para evaluar tres especies vegetales (*Alternanthera ficoidea*, *Lysimachia nummularia* y *Sedum moranense*) comunes al paisajismo ornamental. Plántulas de estos materiales fueron establecidas bajo condiciones de invernadero en paredes de crecimiento vertical construidas a 30°, 75° y 90° grados de pendiente. El experimento se estableció en los invernaderos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (2250 m, 19° 19' N y 98° 53' O), cerca de Texcoco en el Valle de México. Las tres especies mostraron un elevado porcentaje de sobrevivencia sin presentar efecto de pendiente de crecimiento. No obstante, el porcentaje de cobertura mostró variaciones dependiendo de la especie y pendiente de crecimiento utilizada. En *Sedum moranense*, pendientes de 75° y 90° tenían 70% de cobertura a 171 días después del transplante. *Alternanthera ficoidea* y *Lysimachia nummularia* mostraron una menor acumulación de biomasa fresca y seca con estos pendientes. En la distribución de la biomasa fresca y seca entre la parte aérea y radical también había diferencias por efecto de pendiente. Las tres especies son candidatas viables para establecimiento en paredes vivas. Pero, la capacidad de cobertura, la producción y distribución de biomasa en la parte aérea o radical pueden variar dependiendo de la especie utilizada.

**Palabras clave:** *Alternanthera ficoidea*, *Lysimachia nummularia*, *Sedum moranense*, paredes vivas, pendientes de crecimiento, verticalidad.

## ORNAMENTAL PERFORMANCE AT VARYING SLOPES IN LIVING WALLS

María Guadalupe Peralta Sánchez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

### **Abstract**

The establishment and use of living walls has been promoted by the development of the ecology, horticultural and landscaping industries. The key components of a living wall are vertical displayed plants arranged preconstructed surface, indoors or outdoors. An adequate species selection and the effects of the slope are essential for the living wall performance. Plant survival (%), plant coverage (%), as well as plant fresh and dry biomass (g) accumulation were evaluated in three ornamental species (*Alternanthera ficoidea*, *Lysimachia nummularia* and *Sedum moranense*). Seedlings of these materials were established at 30°, 75° and 90° degrees on vertical living wall panels. Experiments were conducted in the greenhouses of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (2250 m, 19° 19' N y 98° 53' O), near Texcoco in the Valley of Mexico. The three species showed a high survival rate not affected by slope. However, the plant coverage varied by species and vertical setting. In *Sedum moranense*, slopes of 75° and 90° degrees resulted in 70% coverage at 171 days after. *Alternanthera ficoidea* and *Lysimachia nummularia* showed lower fresh and dry mass accumulation at these slopes. Dry and fresh mass allocation between the aerial and root and sections were also affected by the slope. The results clearly indicate that the three species can be considered candidates for living wall usage. However, plant coverage, biomass accumulation and distribution may vary depending on plant species.

**Index words:** *Alternanthera ficoidea*, *Lysimachia nummularia*, *Sedum moranense*, living walls, verticality, plant performance.

## DEDICATORIA

*Dedicada en especial a mis padres, Candelaria Sánchez Rojas y José Guadalupe Peralta Flores, quienes me dieron la dicha de vivir y el apoyo brindado para salir adelante.*

*A mis hermanas y hermano Mica, Maru, Jose, Lucio, Maty y Raquel, quienes he compartido los momentos más felices de mi vida y juntos hemos alcanzado nuestros sueños.*

*A mis sobrinos y (as) Yessica, Ivonne, Trinidad, Alberto, María José, Gabriel, Dafne, Arturo, Britany, Adriana y Adrián por hacerme la tía más feliz.*

*A mis cuñados Martín, Alberto, Arturo y Miguel que han sido como mis hermanos, al formar parte de mi familia.*

*A mis amigos en especial Ariadna, Alejandra, Maribel, Rosalba, Soledad, Yeni, Brenda, Mayeli, Mayerlin y Martín, quienes me apoyaron en todo momento y toda la generación de Fruticultura Otoño 2005.*

*A mi esposo y amigo Pablo y a nuestra pequeña hija Aylín Suzet quienes fueron el motor de superación, en todo momento.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de esta tesis.

Al Colegio de Postgraduados, por proporcionar los medios para mi superación académica, así, como a cada uno de los profesores, compañeros y trabajadores que de alguna forma contribuyeron mi formación.

A los profesores que tuvieron la gentileza de constituir mi Consejo Particular:

Al Dr. Jorge Antonio Gutiérrez Espinosa, por la dirección de esta tesis y por ser la guía durante mis estudios, pero sobre todo por la infinita paciencia.

A la Dra. Heike Vibrans Lindemann, por la asesoría, comprensión y sugerencias para sacar adelante esta investigación.

Al Dr. J. Cruz García Albarado por la dedicación, consejos y por la amistad que me ha brindado.

Al Dr. Jorge Valdez por su enseñanza y paciencia en el procesamiento de fotografías.

A la Ing. Ariadna Sánchez López por la colaboración y participación de esta tesis y por ser la persona quien me empujo a culminar mis estudios.

A los profesores del Programa de Fruticultura quienes han contribuido en mi formación académica y científica.

A las secretarías Rocío, Olga y Elsa por su colaboración y su amistad.

## CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3 HIPÓTESIS GENERAL.....	3
1.4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.4.1 Estrategias bioclimáticas.....	4
1.4.2 Alternativas tecnológicas.....	5
1.4.2.1 Naturación de azoteas.....	5
1.4.2.2 Paredes de retención.....	7
1.4.2.3 Paredes vivas o de biofiltración.....	7
1.4.3 Herramientas de mantenimiento y remediación ambiental.....	9
1.4.3.1 Fitorremediación.....	9
1.4.3.2 Ambiente y desarrollo vegetal.....	10
1.4.3.3 Crecimiento y desarrollo vertical.....	11
1.4.3.4 Tropismos en crecimiento.....	12
<b>CAPÍTULO 2. SELECCIÓN Y MULTIPLICACIÓN DE ESPECIES PARA ESTABLECIMIENTO EN PAREDES VIVAS.....</b>	<b>16</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	16
2.2 OBJETIVOS.....	19
2.3 HIPÓTESIS.....	19
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.4.1 Selección de especies vegetales.....	20
2.4.2 Localización experimental.....	23
2.4.3 Material vegetal.....	23
2.4.4 Manejo cultural.....	24
2.4.5 Obtención de datos ambientales.....	24
2.4.6 Descripción de variables respuesta.....	25
2.4.7 Diseño experimental.....	25
2.4.8 Análisis estadístico.....	25
2.5 RESULTADOS.....	26
2.5.1 Biomasa Seca Total.....	26
2.5.2 Longitud de raíz total.....	26
2.5.3 Dinámica de velocidad de enraizamiento.....	27
2.6 DISCUSIÓN.....	30
2.7 CONCLUSIÓN.....	31

<b>CAPITULO 3. EFECTO DE LA PENDIENTE EN EL DESARROLLO DE ESPECIES VEGETALES EN PAREDES VIVAS.....</b>	<b>32</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	32
3.2 OBJETIVOS .....	34
3.3 HIPOTESIS .....	34
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.4.1 Localización del experimento .....	35
3.4.2 Material vegetal .....	35
3.4.3. Propagación del material vegetal .....	35
3.4.4 Construcción de paneles y descripción del experimento .....	35
3.4.5 Control de plagas .....	37
3.4.6 Obtención de datos climáticos.....	37
3.4.7 Descripción de variables respuesta.....	37
3.4.8 Diseño experimental.....	38
3.4.9 Análisis estadístico .....	40
3.5 RESULTADOS .....	41
3.5.1 Ambiente de desarrollo.....	41
3.5.2 Supervivencia.....	41
3.5.3 Porcentaje de cobertura .....	41
3.5.4 Biomasa fresca parte aérea y parte radical .....	45
3.5.5 Volumen parte aérea y parte radical.....	46
3.5.6 Biomasa seca parte aérea y parte radical .....	47
3.5.7 Relación parte aérea y parte radical (g).....	47
3.6 DISCUSIÓN.....	48
3.7 CONCLUSIÓN.....	50
<b>CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DEMOSTRATIVO.....</b>	<b>51</b>
4.1 Mantenimiento .....	51
4.2 Observaciones generales.....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	56
ANEXOS .....	63

## Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Listado de especies con características deseables para establecimiento en paredes vivas tras recorrido en los cuatro mercados de venta de flores y plantas en el área de Xochimilco.....	20
Cuadro 2. Variables utilizadas en la evaluación de la capacidad de enraizamiento de cinco especies vegetales con potencial para establecimiento en paredes vivas.....	25
Cuadro 3. Efecto de pendiente sobre el porcentaje de sobrevivencia en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) sobre el desarrollo vertical de <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>Alternanthera ficoidea</i> y <i>Sedum moranense</i> en paredes vivas...	41
Cuadro 4. Efecto de la pendiente de crecimiento sobre la cobertura (%) a los 10 ddt hasta los 171 ddt, en tres especies ornamentales tras su establecimiento en paredes vivas de crecimiento vertical.....	45
Cuadro 5. Efecto de la pendiente de crecimiento sobre la producción y distribución de la biomasa fresca (g), biomasa seca (g), volumen (cm <sup>3</sup> ) de la biomasa producida y la relación parte aérea/radical, en tres especies ornamentales tras su establecimiento en paredes vivas de crecimiento vertical.....	46
Cuadro 6. Listado de especies ornamentales que se usaron en una pared viva demostrativa.....	51

## Índice de figuras

	Página
Figura 1. Sección transversal de una azotea verde extensiva, incluyendo las capas usadas típicamente (Modificado de Setter y Rowe, 2006).....	7
Figura 2. Pendiente de crecimiento en el desarrollo de especies vegetales (Modificado de Stephenson, 1994).....	15
Figura 3. Especies ornamentales utilizadas en el experimento.....	24
Figura 4. Dinámica de acumulación de biomasa seca total (hojas, tallos y raíz) de las cinco especies de estudio durante 42 días en enraizamiento.....	26
Figura 5. Dinámica de longitud de raíz total de las cinco especies de estudio.....	27
Figura 6. Dinámica de velocidad de enraizamiento total de las cinco especies de estudio .....	28
Figura 7. Dinámica de longitud de raíz de los 0 días, hasta los 42 días de evaluación durante el enraizamiento, en las cinco especies ornamentales.....	29
Figura 8. 1) Cuadrante con sustrato, 2) Panel completo.....	36
Figura 9. Conformación y distribución experimental de especies vegetales en paneles de crecimiento vertical en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) sobre el desarrollo vertical de <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>Alternanthera ficoidea</i> y <i>Sedum moranense</i> en paredes vivas.....	40

Figura 10.	Dinámica de la cobertura vegetal en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (A:30°, B:75° y C:90°) sobre el desarrollo vertical de <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>Alternanthera ficoidea</i> y <i>Sedum moranense</i> en paredes vivas.....	43
Figura 11.	Dinámica del porcentaje de cobertura vegetal en la evaluación de las tres pendientes A) 75° <i>Alternanthera ficoidea</i> , B) 90° <i>Sedum moranense</i> y C) 30° <i>Lysimachia nummularia</i> a los 1) 31ddt, 2) 87ddt y 3) 157ddt respectivamente, en el desarrollo vertical de paredes vivas.....	44
Figura 12.	Crecimiento de parte radical de a) <i>Lysimachia nummularia</i> , b) <i>Sedum moranense</i> y c) <i>Alternanthera ficoidea</i> en el desarrollo vertical de paredes vivas.....	47
Figura 13.	Perspectiva del Panel demostrativo al establecimiento de las especies en la pared viva (0 ddt).....	52
Figura 14.	Perspectiva del Panel demostrativo transcurridos 20 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (20 ddt).....	53
Figura 15.	Perspectiva del Panel demostrativo transcurridos 36 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (36 ddt).....	54
Figura 16.	Perspectiva del Panel demostrativo transcurridos 62 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (62 ddt).....	55

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En años recientes, temas como la eficiencia y la sustentabilidad urbana han llamado la atención y generado gran interés de autoridades públicas y privadas (Gutiérrez, 2005). Varias tecnologías en conjunto con la arquitectura y ecología urbana han surgido con el propósito de promover el uso eficiente y sustentable de los recursos naturales (Baird, 1999). Tecnologías como naturación de azoteas al crear una capa vegetal en cualquier superficie (Pérez y del Río, 2004), paredes de retención para evitar la erosión o deslaves en cualquier lugar que involucre la presencia de suelos inestables, fitorremediación como una alternativa ecológica en el uso de plantas, microorganismos o enzimas asociadas, y paredes vivas o de biofiltración utilizan como componentes esenciales el establecimiento y desarrollo de especies vegetales (Wani, *et al.*, 1997). Una cubierta vegetal tiene la finalidad de contribuir en la generación de un ambiente adecuado para el sano desenvolvimiento de las actividades humanas (Wani, *et al.*, 1997). La selección de especies vegetales es el punto clave para obtener éxito en el establecimiento de cualquier estrategia o tecnología antes mencionada. Estas deben ser de alta rusticidad, permitiendo a la planta vivir con cuidados escasos o nulos. Pero, poco se sabe acerca del desarrollo vertical y selección de especies (Gómez-Campo, 2004).

La acción remediadora del ambiente ejercida por estos sistemas representa una singular herramienta de modificación o remediación respecto del control y mantenimiento tradicional de corrientes de aire. Reemplazan la dispersión o degradación de partículas mediante el uso de agentes químicos, por la retención, reducción y/o remoción *in situ* de dichas partículas utilizando filtros biológicos o plantas en crecimiento (KrishnaRaj *et al.*, 2000; Wani, *et al.*, 1997). El uso de especies vegetales en paredes vivas ofrece el potencial de modificar o remediar el ambiente interior al atrapar, absorber, remover y transformar contaminantes o partículas nocivas (Darlington, *et al.*, 2000).

El ambiente exterior se constituye como el principal proveedor de corrientes de aire fresco en el interior; determina en gran medida su calidad final (Darlington *et al.*, 2000).

Una vez que el aire es introducido, múltiples fuentes internas de emisión de partículas y volátiles pueden contribuir en su modificación y características finales (Gutiérrez, 2005). Estas fuentes pueden ser comunes y de uso cotidiano como los repelentes, desinfectantes, ceras, barnices, pegamentos, jabones, así como un gran número de equipos-motores de combustión. Estos productos pueden despedir volátiles que tienen efectos cancerígenos, como el benceno, tetracloroetileno y cloroformo (EPA, 1995). Esta condición puede generar situaciones alarmantes, toda vez que cerca del 85 % de las actividades cotidianas se realizan en interior (EPA, 1995). En nuestro país, autoridades públicas y privadas han implementado diversos programas encaminados al mejoramiento de la calidad del aire en condiciones de exterior. Sin embargo, poca o nula atención se ha brindado al estudio, mantenimiento o mejoramiento del aire en interiores.

A pesar de los beneficios antes referidos, no existen reportes o evidencias que determinen los efectos con diferentes pendientes de crecimiento en el desarrollo vertical al incorporar especies vegetales en paredes vivas o de biofiltración, y es aquí donde radica el interés de evaluar dichos factores del ambiente que determinan un variado número de procesos de crecimiento de acuerdo a los niveles de luminosidad, temperatura y humedad.

La finalidad de este trabajo es conseguir esquejes enraizados de calidad, que respondan bien y rápidamente en el trasplante en los paneles con tres pendientes de crecimiento, es por ello que se seleccionaron algunas de las especies más exitosas es decir, que tengan un alto porcentaje de sobrevivencia, presenten uniformidad y sean la mejor base para alcanzar un mayor porcentaje de cobertura. Al término de dicha evaluación es importante demostrar un panel multiespecies que puede ser usado en lugares públicos y privados, según las necesidades, con un valor estético y en un futuro industrial, con una función remediadora del ambiente.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el desarrollo de especies ornamentales, así como el efecto de diferentes pendientes de crecimiento en el establecimiento de paredes vivas en condiciones de invernadero.

## **1.3 HIPÓTESIS GENERAL**

La pendiente de crecimiento no afecta el desarrollo vertical de especies ornamentales tras su establecimiento en paredes vivas en condiciones de invernadero.

## 1.4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.4.1 Estrategias bioclimáticas

Actualmente diversas estrategias se utilizan para contrarrestar los efectos negativos de las actividades humanas en el deterioro ambiental. El uso de fuentes alternas y más limpias para la generación de energía (Dimitriou y Aronsson, 2005), la eficiencia de procesos productivos, el tratamiento de aguas residuales (Álvarez, *et al.*, 2002; Izembart y Le Boudec, 2003), la remediación de suelos contaminados (González-Chávez, 2000; Meagher, 2000; Torres, 2003), así como la implementación de las denominadas estrategias verdes de desarrollo (GDF, 2007) destacan entre algunos de importantes pasos establecidos. Estrategias que en su carácter correctivo o preventivo, son implementadas con la finalidad de promover mejores condiciones para el desempeño de nuestras actividades (Baird, 1999).

Algunas de estas estrategias están fundamentadas en el uso y establecimiento de especies vegetales de ornato como herramientas que provean confort y valor estético en la conformación de espacios interiores y exteriores (Simonich y Hites, 1995). Simultáneamente se persigue que la cubierta vegetal cumpla de manera directa e indirecta con funciones esenciales de remediación y/o mantenimiento ambiental (Álvarez *et al.*, 2002; Darlington *et al.*, 2000; Simonich y Hites 1995).

Plantas acuáticas como *Phragmites communis*, *Iris pseudacorus*, *Schoenoplectrus lacustris* y *Eichornia crassipes*, mantienen una alta capacidad de infiltración por el movimiento en tallos y el crecimiento continuo de los rizomas por lo que son utilizadas en el tratamiento comercial de aguas residuales (Izembart y Le Boudec, 2003). Tal es el caso del tratamiento de agua residual en más de 50 estaciones de lavado de automóviles (Shell Company®) las cuales vienen operando en el norte de Europa desde hace 10 años con una capacidad de tratamiento de agua de 3 a 5 m<sup>3</sup>·día<sup>-1</sup> (Dansk Rodzone Teknik®).

Los trabajos de Wolverton (1997) han probado la alta eficiencia en la remoción de una amplia gama de volátiles orgánicos y partículas contaminantes en el ambiente intramuros utilizando más de 40 ornamentales, incluyendo especies de los géneros *Agloenema*, *Chamaedora*, *Dieffenbachia*, *Dracaena*, *Ficus*, *Hedera*, *Musa*, *Nephrolepis*, *Philodendron*, *Sansevieria*, *Spathiphyllum*, *Syngonium*, etc.

Por otra parte, González (2005) ha puesto de manifiesto la capacidad de múltiples especies para tolerar suelos contaminados con altos niveles de metales, incluyendo materiales de los géneros: *Aster*, *Allionia*, *Bidens*, *Casuarina*, *Cyperus*, *Dahlia*, *Euphorbia*, *Polygonum*, *Stachys*, *Tagetes*, *Xanthium* y *Zinnia*.

Es bien sabido que además de la función remediadora del ambiente, la vegetación puede controlar el microclima atenuando los efectos de la radiación solar, aumentando humedad atmosférica (evapotranspiración) y residual (captura de agua), así como reduciendo las corrientes o ráfagas de viento con partículas contaminantes (KrishnaRaj *et al.*, 2000; Wani, *et al.*, 1997). También, puede aumentar la productividad humana en diversos aspectos, que van desde el psicológico en el rendimiento laboral, hasta el económico en el consumo energético (Neila *et al.*, 2004).

A continuación se enumeran algunas de las alternativas tecnológicas que están siendo implementadas y que utilizan especies vegetales como un elemento esencial de su funcionamiento.

## **1.4.2 Alternativas tecnológicas**

### **1.4.2.1 Naturación de azoteas**

La “naturación de áreas edificadas” (NAE), refiere al tratamiento técnico constructivo en cubiertas de edificios (horizontales o inclinadas) estableciendo vegetación adaptada a las condiciones ambientales del área sujeta de naturación (Carmona, 2001; VanWoert *et al.*, 2005).

La finalidad esencial es recuperar el espacio verde perdido en el constante proceso de urbanización, utilizando azoteas como horizonte de crecimiento vegetal, razón por la cual la técnica también es conocida bajo el nombre de azoteas verdes (Gómez-Campo, 2004; Grant *et al.*, 2003).

La naturación de azoteas y terrazas es una característica deseable en el diseño y construcción de las ciudades del futuro (Baird, 1999). Hoy en día es aplicada en varios escenarios fuera de nuestras fronteras. Recientemente en nuestro país conforma parte de proyectos referidos como plan verde (GDF, 2007). Su adecuada implementación conlleva a un tratamiento especial del techo o cubierta que implica cálculos y previsiones estructurales y de diseño que dependen a su vez del tipo de edificio y la extensión del área sujeta de naturación (Snodgrass y Snodgrass, 2006).

Diversas casas comerciales como AMENA (Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas, A.C.), LiveRoof, Green Roof Plants, Xeroflor América, Intrinsic Perennial Gardens, Carolina Stalite; oferta hoy en día sistemas de naturación a pequeña escala (uso doméstico y semi-comercial), así como a gran escala en la naturación de azoteas de torres departamentales y de oficinas.

Los trabajos de Carmona (2001) han mostrado la viabilidad para proyectos de naturación en nuestra localidad (Texcoco) donde al menos 20 especies con diferentes características fueron sujetos de evaluación. Los resultados obtenidos hicieron evidente la importancia y variabilidad de las condiciones ambientales sobre el establecimiento y desarrollo de los materiales.

La naturación de azoteas es una práctica cada vez más común que en sus dos niveles de implementación, extensiva o intensiva, requiere del desarrollo previo de una concientización de problemática ambiental que permita el prolongado desarrollo y consecuente mantenimiento de dichos espacios (Getter y Rowe, 2006; Snodgrass y Snodgrass, 2006). Pero, también conlleva ventajas directas para los dueños de los inmuebles (vida más larga de la azotea, mejor aislamiento térmico) los cuales pueden apoyar la aceptación.

La naturación intensiva consiste en verdaderos jardines que pueden disponer de todo tipo de plantas, arbustos e incluso árboles de gran tamaño con fines estéticos y recreativos. Necesitan mayor inversión y mantenimiento. La naturación extensiva utiliza un sustrato sencillo en la que se colocan plantas adaptadas a condiciones extremas, y no se usa el riego, ni cuidados manuales o mecánicos. Los techos extensivos son los más comunes (Figura 1) (Getter y Rowe, 2006; Pérez y del Río, 2004).

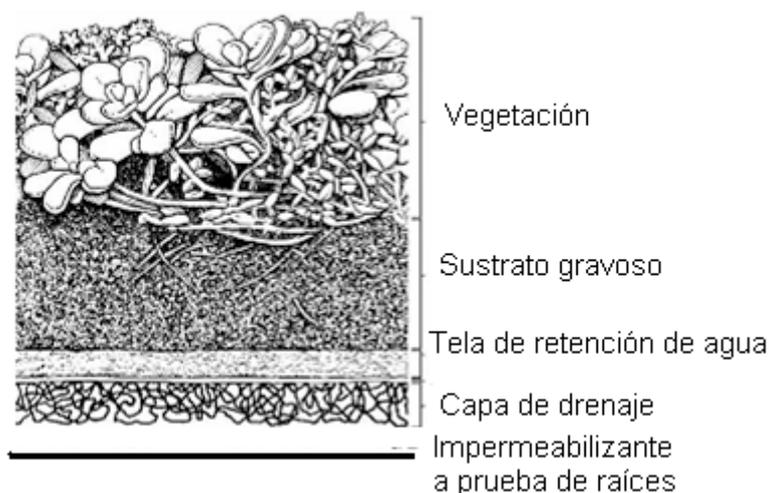


Figura 1. Sección transversal de una azotea verde extensiva, incluyendo las capas usadas típicamente (Modificado de Setter y Rowe, 2006).

#### 1.4.2.2 Paredes de retención

Las paredes de retención se refieren al establecimiento de cubiertas vegetales en suelos inestables, evitando así erosión o deslave (Bedécarrats, 2007; Lewis *et al.*, 2001; Nondedeu y Sudhishri *et al.*, 2008). Taludes en cortes carreteros, desarrollos inmobiliarios y hasta aquellos presentes en la conformación de rellenos sanitarios son algunos de los escenarios donde es común su implementación.

La depuración de esta tecnología ha logrado combinar estructuras pre-diseñadas de concreto y algunos otros materiales, con el desarrollo de horizontes de vegetación. Cumplen novedosos fines que incluyen renaturación de pendientes (Matesanz y Valladares, 2007; Tsuyazaki, 2005), rescate de biodiversidad, disminución en la erosión del suelo (Burylo *et al.*, 2007; Koulouri y Giourga, 2007), disminución de ruido (De Esteban, 2003), disminución de corrientes de aire, atenuación de temperatura y aumento en la capacidad de recarga de mantos acuíferos (Simonich y Hites, 1995; Wani *et al.*, 1997).

#### 1.4.2.3 Paredes vivas o de biofiltración

Las paredes vivas o paredes de biofiltración son paneles que sostienen y promueven el desarrollo vertical de sistemas biológicos. Una pared viva se define como cualquier superficie vertical, tridimensional y artificial cubierta por vegetación; sus principales funciones son estéticas y ambientales. Su implementación considera como elemento esencial el establecimiento y desarrollo de especies vegetales con

una gran diversidad de formas, portes y la ocasional presencia de flores (Gutiérrez, 2005).

Las paredes vivas han sido generalmente utilizadas en la promoción de confort en espacios intramuros. También pueden ser dispuestas en espacios abiertos o semiabiertos.

En edificios cerrados la circulación y el mantenimiento de la calidad del aire dependen de un sistema de acondicionamiento que filtra y refrigera el aire en circulación (EPA, 1995). Bajo estas condiciones, la implementación de paredes vivas ha sido exitosa toda vez que las plantas actúan como filtros biológicos reemplazando a la tradicional captura, dispersión o degradación de partículas mediante el uso de agentes químicos y filtros con altas regulaciones ambientales de uso y desecho (Darlington *et al.*, 2001; Natureair®, 2007;).

En construcciones abiertas o con ventilación natural las paredes vivas tienen propósitos similares. Su principal aporte es la modificación del ambiente mediante el control de la humedad atmosférica y la consecuente regulación de temperatura. El confort y valor estético promueven mayor rendimiento laboral para el desempeño de nuestras actividades.

El uso de estos sistemas cumple dos propósitos esenciales. El primero en la creación de un ambiente adecuado que promueva la sensación de confort y bienestar (Chang y Chen, 2005). El segundo se base en la capacidad de las plantas para modificar e inclusive remediar la calidad del aire (Baek, *et al.*, 1997; Peuke, 2005).

Una pared viva se define como cualquier superficie vertical, tridimensional y artificial cubierta por vegetación; sus principales funciones son estéticas y ambientales.

Principales ventajas de tener una pared viva:

- 1) Calidad del aire: la pared tiene la capacidad de remover 300 contaminantes en bajas concentraciones, los niveles de formaldehído se reducen a un 80%, aunque compuestos tratados con cloro y materiales halogenados no desaparecen con eficacia. Darlington (*et al.*, 2000) comenta que las paredes vivas actúan como humectadores en invierno.
- 2) Estética /Psicológica: (Darlington, *et al.*, 2001) comenta que la gente le gustan las recamaras con plantas; así también (Mallany, *et al.*, 2000) propone

que los empleados que vivían en Canadá iban a menudo a tomar su almuerzo en un cuarto ambiental. El beneficio más obvio es ver el crecimiento de las plantas sobre las paredes, y percibir la variedad de olores naturales; psicológicamente brinda ánimo a las personas. (Johnston y Newton; 2004).

- 3) Educación: la pared viva sigue siendo una tecnología nueva y desconocida, pero tiene ventajas educativas. Darlington *et al.*, (2000), menciona que la gente concientiza acerca de la fotosíntesis, nutrientes y ecología.

### **1.4.3 Herramientas de mantenimiento y remediación ambiental**

Las paredes vivas o de biofiltración han sido sujetas de un gran número de estudios que involucran esencialmente la capacidad remediadora del ambiente que ejercen sobre los espacios en que son establecidas. La retención de polvo y partículas contaminantes (Darlington *et al.*, 2000; Llewellyn *et al.*, 2000; Mallany *et al.*, 2000), extracción de cantidades significativas de compuestos volátiles orgánicos (Darlington *et al.*, 2001; Molhave *et al.*, 1997), la remoción de CO<sub>2</sub>, la liberación de oxígeno (Darlington, *et al.*, 2000, Darlington, *et al.*, 2001), la reducción de ruido (Baek, *et al.*, 1997), reducción de temperatura, aumento en la humedad atmosférica (Wani *et al.*, 1997), aislamiento térmico y acústico de edificios (Darlington *et al.*, 2000), filtración de rayos ultravioleta (Briz, 2004), así como su elevado aporte estético (Briz, 2004; Kolb, 2004) han sido reportados.

#### **1.4.3.1 Fitorremediación**

La fitorremediación consiste en el uso de plantas, sus microorganismos o enzimas asociadas, así como la aplicación de técnicas agronómicas para degradar, retener o reducir a niveles inofensivos los contaminantes ambientales a través de procesos que logran fijar, estabilizar o degradar el contaminante (Hernández-Valencia y Meagher, 2003). Estas plantas son capaces de fitodegradar y estimular a poblaciones de microorganismos en los sistemas rizosféricos. Existe un gran número de este tipo de plantas y agrupan especialmente una buena cantidad de pastos (Pérez, *et al.*, 2002). Estas plantas pueden ser utilizadas como sistemas de descontaminación que actúan de manera directa e indirecta.

En la descontaminación directa, las plantas participan en la modificación del contaminante a través de su absorción, secuestro o acumulación y en la

indirecta las plantas implican interacciones entre raíces y microorganismos (González- Chávez, 2000).

La fitorremediación es una alternativa ecológica o biológica, debido a que las plantas tienen características genéticas, bioquímicas y fisiológicas ideales para remediar suelos contaminados (Meagher, 2000). Además, una cobertura verde es más agradable estéticamente y hoy en día más aceptable para el público (Bernal, *et al.*, 2007).

Un ejemplo de la fitorremediación la constituye el uso de la especie *Thlaspi caurulencens* en suelos contaminados con zinc y cadmio; se encontró que el uso de esta especie lograba eliminar más de 8 mg/Kg de cadmio y 200 mg/Kg de zinc, representado estos valores el 43 y 7 por ciento de estos metales en un suelo agrícola, respectivamente (Torres, 2003). Utilizadas para la fitorremediación, las plantaciones bajas de sauces de ciclo corto presentan ventajas como alto rendimiento en biomasa para producir energía y tratar productos de desecho absorbiendo contaminantes del suelo y del agua (Dimitriou y Aronsson, 2005).

La fitorremediación contempla seis procesos básicos a través de los cuales las plantas pueden contribuir a la recuperación de suelos, sedimentos y aguas contaminadas. Dependiendo de la estrategia de recuperación, estos procesos darán lugar a la contención o a la eliminación de los contaminantes del suelo. La fitoestabilización y la fitoinmovilización corresponden a la primera de las dos estrategias, mientras que la fitoextracción, fitodegradación, fitovolatilización y rizofiltración representan procesos de eliminación (Bernal, *et al.*, 2007).

El establecimiento y operatividad de las paredes vivas adquiere importancia y valioso potencial. No obstante, prevalece un gran desconocimiento de los efectos que la disposición vertical del crecimiento impone sobre el desarrollo de la cubierta vegetal. Además, y no menos importante es la adecuada selección y evaluación de especies vegetales requeridas para este tipo de escenarios.

#### **1.4.3.2 Ambiente y desarrollo vegetal**

Por desarrollo vegetal se entiende un crecimiento ordenado de la planta, que se ajusta a un esquema predeterminado por el genotipo en el que las distintas partes del organismo se van diferenciando para originar los múltiples tejidos y órganos (Salisbury, 1994). El ambiente de desarrollo es un componente determinante que

puede modular el establecimiento y consecuente crecimiento de las especies vegetales (Smith, 1981).

Los niveles de luminosidad, temperatura y humedad son factores del ambiente que determinan un variado número de procesos de crecimiento (Hangarter, 1997; Jensen, 1997; Karlsson y Werner, 2001; Moe y Heins, 1990). El suficiente aporte de energía radiante y térmica es indispensable durante los procesos de acumulación de biomasa seca (Burgarín-Montoya *et al.*, 2002) y la consecuente velocidad o tasa de crecimiento de las plantas (Pérez y Martínez, 1994).

La luz influye de manera indirecta en el proceso de crecimiento mediante la captura de energía lumínica y su transformación a energía química a través del proceso de fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 1998). Posteriormente, la luz de manera directa determina la regulación de crecimiento vegetativo y/o reproductivo dependiendo la respuesta floral de las diferentes especies (Jensen, 1997). Variaciones en la intensidad, calidad y duración de la luz pueden modificar la anatomía y morfología observada en las plantas (Fails *et al.*, 1982; Moe y Heins, 1990). La temperatura es responsable de la regulación del crecimiento a través de toda la serie de reacciones enzimáticas que directa o indirectamente intervienen en dicho proceso (Karlsson y Werner, 2001; Pérez y Martínez, 1994;). Paralelamente, la humedad relativa es influenciada por los niveles de luz y temperatura existentes, siendo parte esencial del proceso de apertura estomática, intercambio gaseoso, regulación interna de temperatura y fomento del flujo de masas (Salisbury, 1994).

Adicionalmente a las condicionantes impuestas por los factores ambientales, el crecimiento en disposición vertical impone diversas limitantes. En la naturaleza existen diferentes escenarios en los que especies vegetales se establecen y logran su desarrollo en disposición vertical. Cuerpos u horizontes rocosos así como árboles o cualquier otro objeto que sirva de sostén, pueden permitir el desarrollo de la planta y otros indispensables sistemas biológicos. Pero, no ha sido reportada con detalle un establecimiento controlado o artificial en disposición vertical.

#### **1.4.3.3 Crecimiento y desarrollo vertical**

Pese al desconocimiento general de los efectos específicos del desarrollo en disposición vertical sobre el crecimiento de las plantas, los sistemas de biofiltración

mediante el uso de paredes vivas operan experimental y comercialmente en escenarios reales fuera de nuestras fronteras.

A pesar de esto, existe una gran necesidad de generar investigación que determine la factibilidad al desarrollo vertical de diversas especies cultivadas y nativas bajo estos escenarios en diferentes ambientes de desarrollo.

Algunos autores mencionan los jardines verticales o “flowering peat walls” (muros de turba de floración), han sido mostrados en espectáculos florales europeos. La popularidad de cultivar plantas en esta dimensión se ha difundido en Europa, donde se utiliza en parques públicos, y centros de jardinería. Las amas de casa pueden utilizarlas para disimular algo que no quieren que se vea. Puede servir como un telón de fondo de colores para un área al aire libre. Los centros de jardinería las utilizan para mostrar las plantas de transplante. Los jardines verticales pueden construirse y plantarse de cualquier forma cuadrada o rectangular y puede plantarse en ambos lados, dependiendo del lugar (Larson, 2004).

Variaciones en la pendiente de desarrollo pueden generar gradientes en los patrones de humedad, temperatura y luminosidad así como magnificar los efectos que la fuerza de gravedad impone al establecimiento y durante el desarrollo de la cubierta vegetal.

El crecimiento y desarrollo de las plantas responde a un variado número de estímulos ejercidos por el ambiente y reflejados en múltiples respuestas trópicas del crecimiento (Raven, *et al.* 1999) incluyendo al fototropismo, gravitropismo, higrotropismo y tigmorfismo entre otros (Salisbury, 1994).

#### **1.4.3.4 Tropismos en crecimiento**

Las plantas poseen mecanismos selectivos y sensibles que constantemente reciben numerosas señales bióticas y abióticas del entorno (Sack, 1991). Las señales abióticas incluyen la gravedad, la luz, el agua, la temperatura, el oxígeno y el dióxido de carbono. Las respuestas trópicas son consecuencia directa de este tipo de señales las cuales generan un crecimiento en respuesta a un estímulo (Raven, *et al.* 1999).

Los tropismos son considerados "positivos" cuando la respuesta en crecimiento es en dirección a la señal generadora del estímulo, mientras que los tropismos

"negativos" son respuestas en dirección contraria a la señal del estímulo (Kiss, 2000).

**Gravitropismo:** Los movimientos de crecimiento en respuesta a la fuerza de gravedad pueden ser de dos tipos. Las raíces presentan gravitropismo positivo mientras la parte aérea responde con gravitropismo negativo estímulo de gravedad (Salisbury, 1994).

La gravedad en las raíces es la señal más crítica para el crecimiento y el desarrollo, así, el gravitropismo se ha caracterizado en este órgano (Sack, 1991; Kiss, 2000).

Otra respuesta con un alto valor de supervivencia es la capacidad de responder a la gravedad, enderezándose de modo que el vástago crece hacia arriba y las raíces hacia abajo. Esta respuesta es conocida como geotropismo; al igual que el fototropismo, se cree que el geotropismo involucra a las auxinas.

Este proceso, el geotropismo, implica cuatro pasos secuenciales: la percepción de la gravedad, la producción de señales en células sensoras de la gravedad, la transducción de señales tanto dentro de células sensoras como entre células y, finalmente, la respuesta.

Sin embargo, el gravitropismo obra recíprocamente con otras respuestas trópicas incluyendo fototropismo, tigmotropismo, e hidrotropismo en la determinación de la forma final del crecimiento de la raíz primaria y del sistema entero de la raíz (Correll y Kiss, 2002; Hangarter, 1997).

**Fototropismo:** El fototropismo es el crecimiento diferencial que presentan las plántulas hacia la fuente luminosa lateral especialmente la luz azul (Raya, 2003). Una de las respuestas más evidentes y de utilidad en las plantas es su fototropismo positivo, o sea, su curvatura hacia la luz (Raven, 1999). Los tallos y hojas se orientan por lo general así mismos con respecto a los rayos de luz, pero las raíces rara vez presentan fototropismo (Salisbury, 1994).

En 1926 el fisiólogo botánico holandés Frits W. Went encontró que las plantas se curvaban como resultado de la influencia de un estímulo. Went interpretó los resultados de sus experimentos como la demostración de que el ápice del coleóptilo ejercía sus efectos por medio de un estímulo químico y no por un estímulo físico como, por ejemplo, un impulso eléctrico. Este estímulo químico fue denominado

auxina, vocablo acuñado por Went a partir de la palabra griega auxein, que significa “incrementar”. La auxina fue una de las primeras hormonas vegetales descubiertas.

El movimiento de las hojas para seguir la luz del sol también parece estar mediado por las fototropinas, lo mismo que la expansión de la hoja (Sakamoto y Briggs, 2002). El rastreo del sol es un tropismo verdadero porque la orientación de las hojas está determinada por la dirección de los rayos del sol, pero no es positivo ni negativo, como el fototropismo del tallo; es un diafotropismo (diaheliotropismo) en el cual el órgano se orienta en ángulos rectos a los rayos del sol (Salisbury, 1994).

La necesidad de la presencia de auxinas en los coleótilos cortados a fin de observar la curvatura fototrópica llevó a postular que había una transferencia de electrones, empujada por la luz, hacia la molécula de auxina para formar un compuesto que bloquearía el transporte de ésta en el lado iluminado, provocando un gradiente de concentración, con mayor cantidad en el lado oscuro (Raya, 2003).

Las raíces son negativamente fototrópicas en respuesta a la luz blanca y azul (Okada y Shimura, 1992; Vitha *et al.*, 2000) y utilizan los mismos fotorreceptores que están implicados en fototropismo en tallos y órganos parecidos a tallos (Sakai *et al.*, 2000).

El papel del fototropismo de la raíz es desconocido, pero puede servir en la optimización de la orientación del sistema entero de la raíz, especialmente en suelos a través de los cuales la luz puede penetrar fácilmente (Mandoli *et al.*, 1990).

**Hidrotropismo:** Uno de los tropismos menos conocidos es hidrotropismo, crecimiento dirigido en respuesta al agua o gradientes de la humedad (Kiss, 2000).

Aunque el hidrotropismo había sido investigado en las raíces de la planta en el siglo XIX por botánicos alemanes y por Darwin, la existencia de este tropismo hasta ahora ha sido cuestionada en años recientes (Eapen *et al.*, 2005; Takahashi, 1997).

De una manera similar, una de las dificultades principales de estudiar el tropismo hidráulico en raíces ha sido que las raíces son fuertemente gravitrópicas, que parece abrumar cualquier respuesta hidrotropica (Stinemetz *et al.*, 1996; Takahashi, 1997 y Tsutsumi *et al.*, 2003).

El tigmotropismo, crecimiento dirigido en respuesta a tacto, también puede interferir con la expresión del hidrotropismo.

Hay varias maneras de superar los desafíos de estudiar hidrotropismo de la raíz, y estos métodos implican el eliminar de la respuesta gravitropica competente. Algunas de estas técnicas incluyen el uso de mutantes agravitropica (Kiss, 2000).

Es por ello que el estudio de las paredes vivas como herramientas de mantenimiento ambiental y de generación de espacios de confort o relajación, resulta de gran interés. El presente estudio contempla la evaluación de especies ornamentales en diferentes pendientes de crecimiento (Figura 2).

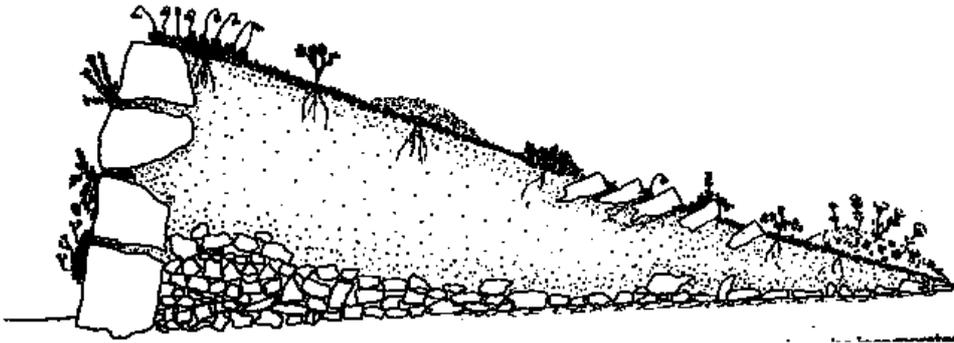


Figura 2. Pendiente de crecimiento en el desarrollo de especies vegetales (Modificado de Stephenson, 1994).

## CAPÍTULO 2. SELECCIÓN Y MULTIPLICACIÓN DE ESPECIES PARA ESTABLECIMIENTO EN PAREDES VIVAS

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo en disposición vertical obliga a la selección y uso de especies vegetales con características específicas que permitan prolongar y sostener crecimiento bajo la influencia de factores externos impuestos por la verticalidad (Dunnett y Kingsbury, 2004). Diversas respuestas al crecimiento causadas por estímulos externos (tropismos) pueden presentarse en el establecimiento y desarrollo de materiales en paredes vivas (Raya, 2003). Tal es el caso de los estímulos generados por la dirección y duración de la luz, la temperatura, humedad y la fuerza de gravedad, entre otros (Raven *et al.*, 1999).

Una de las respuestas más evidentes y de utilidad en las plantas es su fototropismo positivo, o sea, su curvatura hacia la luz. El conocimiento de las hormonas vegetales y de sus efectos sobre el crecimiento comenzó con el estudio del fototropismo, y este sigue siendo un punto de partida apropiado en la consideración de las respuestas de las plantas.

Los trabajos de Shöme (2002), sobre la adaptabilidad de diversas especies al crecimiento en disposición vertical bajo el principio de paneles o paredes vivas constituyen una de las pocas referencias que brindan información al respecto. Dichos trabajos refieren características deseables que las especies vegetales deben reunir incluyendo características anatómicas, morfológicas, de hábito y necesidades de crecimiento, tales como: plantas anuales o perennes, herbáceas, no leñosas; de porte pequeño, trepadoras, semirrectas, rastreras o colgantes, raíz fibrosa y adventicia no pivotante, hojas pubescentes, suculentas, y bajo mantenimiento, entre otras (Shöme *et al.*, 2002). Dunnett y Kingsbury (2004) mencionan los siguientes géneros como relevantes para el uso de especies vegetales en la naturación de azoteas y paredes vivas: *Dianthus*, *Campanula*, *Cheiranthus*, *Corydalis*, *Armeria*, *Geranium*, *Erodium*, *Alyssum*, *Arabis*, *Aubetria*, *Cerastium*, y *Helianthemum*. Kotzen (2004) refiere a *Parthenocissus quinquefolia* como otra alternativa para el establecimiento de paredes vivas.

Una amplia gama de plantas de floración, de follaje, coberturas de suelo, bulbos, hierbas y hortalizas pueden plantarse en los jardines verticales. Se debe tener cuidado de utilizar las plantas apropiadas en los lugares sombreados y soleados (Larson, 2004).

La siguiente es una lista parcial de las plantas apropiadas para un jardín vertical: *Ageratum*, *Alternanthera* (excelente), *Alyssum*, *Arabis*, *Asparagus sprengeri*, *Begonia semperflorens* (excelente), *Begonia tuberosa* (sombra), *Browalia*, *Calceolaria* (los tipos de flores pequeñas), *Calendula*, *Campanula*, *Coleous*, *Dianthus*, Lantana, Lobelia, maravilla (tipos enanos), *Mesembryanthemum*, *Viola tricolor*, *petunia hybrida*, *Pilea cadierei*, *Portulaca oleracea*, *Primula*, *Sedum* etc. (Larson, 2004).

Algunas características anatómicas como la presencia de tricomas, podría retardar la pérdida de agua, alterar el intercambio de calor y permitir el almacenaje de productos secundarios (Gilbert, 1995). El tipo de crecimiento ya sea anual, bianual o perenne es también de valía, se pretende prolongar el mayor tiempo posible la permanencia de la cubierta vegetal en el panel (Dunett y Kingsbury, 2004). De igual manera especies vegetales con elevada rusticidad resultan deseables pues permiten cuidados escasos o nulos minimizando costos de producción y mantenimiento (Carmona, 2001). La temperatura, fuerza, dirección del viento y hasta la profundidad y naturaleza del sustrato de crecimiento (Gómez-Campo, 2004) pueden causar estímulos que modifiquen el crecimiento de las plantas (Salysbury, 1994).

Lewellyn *et al.*, (2000) sugieren el uso de musgos como componentes esencial de un sistema de biofiltración. Un amplio rango de géneros y especies conforman listados de especies evaluadas en paredes vivas. No obstante la gran mayoría de estos estudios han sido realizados fuera de nuestras fronteras, por lo que adaptabilidad de especies locales (introducidas y/o silvestres) deben ser sujetas de análisis. Es por esto, que el desarrollo vertical de especies requiere de un mayor estudio, es poca la información, respecto de algunos importantes factores como: los requerimientos de humedad, el tipo de sistema radical, el tamaño de la cubierta vegetal, así como las necesidades generales de mantenimiento (Gutiérrez, 2005; Shôme *et al.*, 2002).

El establecimiento y la evaluación de plantas en paredes vivas o de biofiltración obliga al uso de individuos en condiciones similares de desarrollo por lo que la propagación o multiplicación de las especies es de gran importancia. El uso y explotación de especies ornamentales en paredes vivas podría brindar una nueva oportunidad de desarrollo para esta importante industria. Con base en lo expuesto anteriormente, el presente estudio pretende generar información preliminar sobre adaptabilidad al crecimiento y desarrollo vertical de diversas especies vegetales cultivadas en paredes vivas.

En este apartado es conseguir esquejes enraizados de calidad, que respondan bien y rápidamente en el transplante en los paneles que tengan un porcentaje de sobrevivencia muy elevado, presenten uniformidad y sean la mejor base para alcanzar un mayor porcentaje de cobertura).

## 2.2 OBJETIVOS

- Determinar la capacidad de enraizamiento de esquejes de *Alternanthera ficoidea*, *Sedum moranense*, *Lysimachia nummularia*, *Oscularia deltoides* y *Plectranthus forsteri*.
- Seleccionar las especies que serán sujetas de establecimiento y evaluación en condiciones de verticalidad en las paredes vivas.

## 2.3 HIPÓTESIS

*Alternanthera ficoidea*, *Sedum moranense*, *Lysimachia nummularia*, *Oscularia deltoides* y *Plectranthus forsteri* son especies con elevada capacidad de enraizamiento.

## 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.4.1 Selección de especies vegetales

Los cuatro mercados de venta de flores y plantas en Xochimilco, al sur de la Ciudad de México, fueron visitados con la finalidad de hacer un registro de las especies disponibles con características deseables para establecimiento en paredes vivas. Los mercados visitados fueron: Madre Selva (Xochimilco), San Luis (Tlahuac), Flores y Plantas (Periférico-Cuemanco), y Xochimilco-Centro (Deportivo). Los criterios empleados para la selección de especies potenciales incluyeron: a) forma de vida, b) habito de crecimiento, c) altura o porte, d) desarrollo radical, e) pubescencia en hojas y tallos, f) succulencia de tejidos u órganos, g) necesidad de mantenimiento, h) adaptabilidad a ambientes cambiantes (Luz, temperatura, humedad), entre otros. Un total de 29 especies vegetales mostraron características deseables para el desarrollo vertical (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de especies con características deseables para establecimiento en paredes vivas tras recorrido en los cuatro mercados de venta de flores y plantas en el área de Xochimilco.

Nombre Científico	Nombre Común	Característica de Interés
<i>Adiantum sp.</i>	Cilantrillo	Plantas de tamaño reducido, terrestres o acuáticas con tallos erectos, decumbentes o trepadores.
<i>Alternanthera ficoidea</i>	Periquito	Son plantas de porte bajo con tallos erectos o procumbentes de 15 a 40 cm de alto, de crecimiento compacto, muy ramificada, follaje denso, planta herbácea perenne.
<i>Asparagus sp.</i>	Espárrago	Plantas herbáceas perennes o subarbustos, trepadoras y espinosas.
<i>Begonia spp.</i>	Begonia	Es usada en jardinería, para la implementación de macizos y bordes, plantas de flores y de hojas decorativas, son herbáceas, algunas semiarborescentes y perennes.

Nombre Científico	Nombre Común	Característica de Interés
<i>Cineraria</i> spp.	Cineraria	Son plantas generalmente cultivadas como anuales, que alcanzan una altura de unos cincuenta centímetros, con tallo muy ramificado.
<i>Coleus</i> spp.	Cóleo, cretona	Planta erecta, y herbácea, belleza de sus hojas, multiplicación por esquejes.
<i>Echeveria</i> spp.	Echeverría	Plantas suculentas en forma de roseta, racimos de 10-25 cm de largo, adecuada para cubrir.
<i>Hedera</i> spp.	Hiedra	Planta de desarrollo rápido, colgante puede alcanzar 60 cm de longitud, multiplicación por esquejes apicales.
<i>Impatiens walleriana</i>	Belén, balsaminia, chinitos.	Herbácea, anual o perenne, altura de 30 cm, plantas colgantes o en suelo.
<i>Jasminum officinale</i>	Jazmín	Arbustos y trepadoras, se usan para cubrir muros.
<i>Lavandula officinalis</i>	Lavanda	Planta arbustiva con tallos leñosos muy ramificados, altura variable entre 60 y 80 cm, formando matas compactas.
<i>Lonicera</i> sp.	Madre selva	Liana leñosa de hasta 2 m de longitud, planta trepadora y perenne.
<i>Lysimachia nummularia</i>	Hierba de la moneda	Planta perenne de 15-25 cm, se utiliza en jardinería como rastrera o colgante. Usos para taludes y laderas, para adornar muros.
<i>Lovelia inflata</i>	Lovelia	Planta herbácea de hasta 50 cm, tallos erectos cubiertos por tricomas.

Nombre Científico	Nombre Común	Característica de Interés
<i>Mandevilla splendens</i>	Mandebilia	Estas plantas son arbustos. Tiene un aspecto trepador. Los ejemplares adultos son de la talla media y alcanzan los 3 m de altura.
<i>Nephrolepis sp.</i>	Helecho boston	Emite una serie de estolones de los que pueden desarrollarse nuevas plántulas; helechos frecuentes en interiores.
<i>Origanum majorana</i>	Mejorana	Hierba anual, bianual o perenne, de hasta 60 cm; color varía desde verde a gris-verdoso.
<i>Oscularia deltoides</i>	Oscularia	Planta semiarbusciva que forma matorrales, reproducción por semillas o esquejes, hojas con un característico color azulado.
<i>Pelargonium sp.</i>	Geranio colgante	Principal uso de esta planta es decorativo por sus abundantes flores, hojas y tallos brillantes y su porte caído.
<i>Peperomia spp.</i>	Pepperania	Son plantas herbáceas, erectas o postradas, en ocasiones más o menos carnosas o suculentas.
<i>Plectranthus forsteri</i>	Malva de adorno	Habito herbáceo formando matas perenne, de crecimiento postrado e invasor, ideales como cubresuelos, planta colgante.
<i>Rhipsalis sp.</i>	Rhipsalis	Ramas flexibles, suculentas, a menudo entrecruzadas, necesitan sombra parcial, multiplicación por semillas o esquejes.

Nombre Científico	Nombre Común	Característica de Interés
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero	Arbusto erguido, puede crecer hasta 2mts de altura.
<i>Salvia officinalis</i> <i>Salvia spuria</i>	Salvia	Arbusto de hasta 70 cm de altura. Tallos en gran número grisáceos, se encuentra en sitios rocosos y secos. Planta perenne.
<i>Scaevola</i> sp	Scaevola	Arbustiva densa altura de hasta 9 cm, hojas cerosas y carnosas o herbáceas.
<i>Sedum moranense</i>	Chisme	Uso ornamental para macetones o jardines y como cubre pisos en taludes para protección o control de la erosión.
<i>Senecio rowleyanus</i>	Rosario, bolitas colgantes	Planta suculenta y colgante.
<i>Viola odorata</i>	Violeta	Planta perenne, vivaz, sin tallo, hojas en roseta parten de la cepa, que es corta y gruesa. Altura de 5-10 cm.
<i>Soleirolia soleirolii</i>	Lagrima de niño	Planta de cobertura que forma una densa cubierta verde, con 10 cm de altura, multiplicación por división de mata.

#### 2.4.2 Localización experimental

El experimento se llevo a cabo en los invernaderos de cristal del Campus Montecillo en el Colegio de Postgraduados (2250 msnm, 19° 27'N; 98 54'°O).

#### 2.4.3 Material vegetal

Considerando disponibilidad y la planeación del experimento, plantas de cinco especies fueron adquiridas para ser utilizadas como plantas madre en la obtención y enraizamiento de esquejes vegetales (Figura 3).

Las especies fueron identificadas en el área de Etnobotánica del Colegio de Postgraduados como a) *Alternanthera ficoidea* (periquito), b) *Sedum moranense* (chisme), c) *Lysimachia nummularia* (hierba de la moneda), d) *Plectranthus forsteri* (malva de adorno), y e) *Oscularia deltoides* (oscularia) respectivamente.

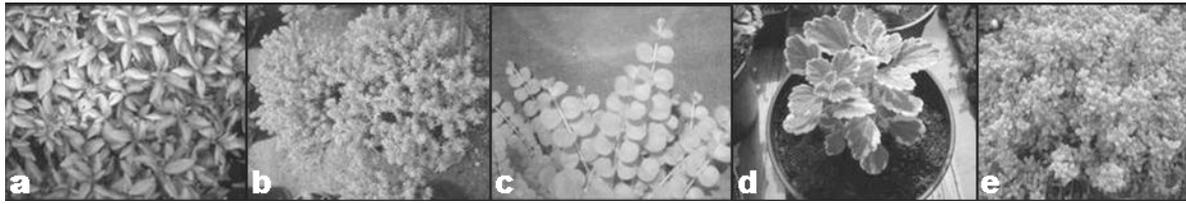


Figura 3. Especies ornamentales utilizadas en el experimento.

#### 2.4.4 Manejo cultural

Las plantas adultas o plantas madre fueron trasladadas al área experimental donde permanecieron en aclimatación por espacio de dos semanas. De manera previa a la cosecha de esquejes, las plantas fueron fertilizadas a razón de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de N utilizando la formula comercial 20-20-20 (Peters<sup>®</sup>, Scotts<sup>®</sup> Co., MARYSVILLE, OH, EUA). Se regaron cada dos días manualmente utilizando un bastón de riego y regadera de aspersion (SunMate<sup>®</sup>, Orbit<sup>®</sup>, Bountiful, UT, EUA). Se analizaron las propiedades químicas del agua (Anexo Cuadro A2.); no fue necesario ningún ajuste en el agua disponible a pie de llave dentro del invernadero.

Los esquejes de *Sedum*, *Alternanthera*, *Oscularia* y *Plectranthus* fueron seleccionados durante la cosecha con similar tamaño o estado de desarrollo y tomados de la porción apical de cada tallo. Para el caso de *Lysimachia* los esquejes fueron tomados como fracciones de tallo con similar tamaño (5 cm) y numero de hojas (3 pares de hojas) previa remoción de la porción apical.

Una vez cosechados estos fueron sumergidos en su base en Radix<sup>®</sup> 1500 (ácido indolbutírico, DICELEQ (Diseño y Control Electroquímico, S.A. México, D.F.), como medio de enraizamiento.

Un total de 216 esquejes (36 por especie) fueron cosechados y dispuestos en charolas de 128 cavidades (Polietilenos del Sur<sup>®</sup>, Morelos, México), utilizando como sustrato Sunshine PGX No.3 (Premier<sup>®</sup>, Québec, Canadá).

#### 2.4.5 Obtención de datos ambientales

Las condiciones ambientales al interior del invernadero fueron registradas con la ayuda de un sensor electrónico programable o data logger marca Hobo<sup>®</sup> modelo H8 (Onset<sup>®</sup> Co. Bourne, MA, EUA). El dispositivo se colocó sobre las charolas y se programó para lecturas cada 10 minutos de la luminosidad (Lumens), temperatura (°C) y humedad relativa (%).

#### 2.4.6 Descripción de variables respuesta

Para llevar a cabo la multiplicación de especies vegetales se realizó las siguientes variables (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables utilizadas en la evaluación de la capacidad de enraizamiento de cinco especies vegetales con potencial para establecimiento en paredes vivas.

Variable	Método
Longitud de Raíz (cm)	Semanal. Lectura manual (regla graduada o flexometro)
Biomasa fresca (g)	Semanal. Parte aérea y parte radical (Balanza electrónica o granataría marca Asep®, modelo Ey-2200A.
Biomasa seca (g)	Semanal. Parte aérea y parte radical (Balanza electrónica o granataría marca Asep®, modelo Ey-2200A. El secado se realizo a 73° durante 72 horas en estufa marca Beckman®, modelo L397-K.
Tasa de crecimiento o velocidad de enraizamiento (cm. día <sup>-1</sup> )	Día. Se obtuvo la longitud de raíz promedio restando la longitud final – longitud inicial de cada semana y dividiendo entre siete para obtener unidades de cm día <sup>-1</sup>

#### 2.4.7 Diseño experimental

Un total de 216 esquejes (36 por especie) fueron cosechados y dispuestos en charolas de 128 cavidades. Se utilizó un diseño completamente al azar para la determinación de los datos mencionados en el Cuadro 2. Los tratamientos se establecieron con base en cinco especies vegetales mencionadas en el apartado anterior, de las cuales seis esquejes (repeticiones) fueron seleccionados aleatoriamente durante cada semana de evaluación.

#### 2.4.8 Análisis estadístico

Se determinaron las diferencias entre medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS® versión 8.1 (Statistical Analysis System).

## 2.5 RESULTADOS

### 2.5.1 Biomasa Seca Total

*Oscularia deltoides* y *Plectranthus forsteri* son las especies que mayor biomasa seca total acumularon (Figura 4). *Plectranthus forsteri* acumuló casi tres veces su biomasa seca inicial (0.14 g), mientras que *Oscularia deltoides* acumuló un total de 0.24 g al finalizar la evaluación. El resto de las especies no manifestaron cambios de significancia estadística en la acumulación de biomasa.

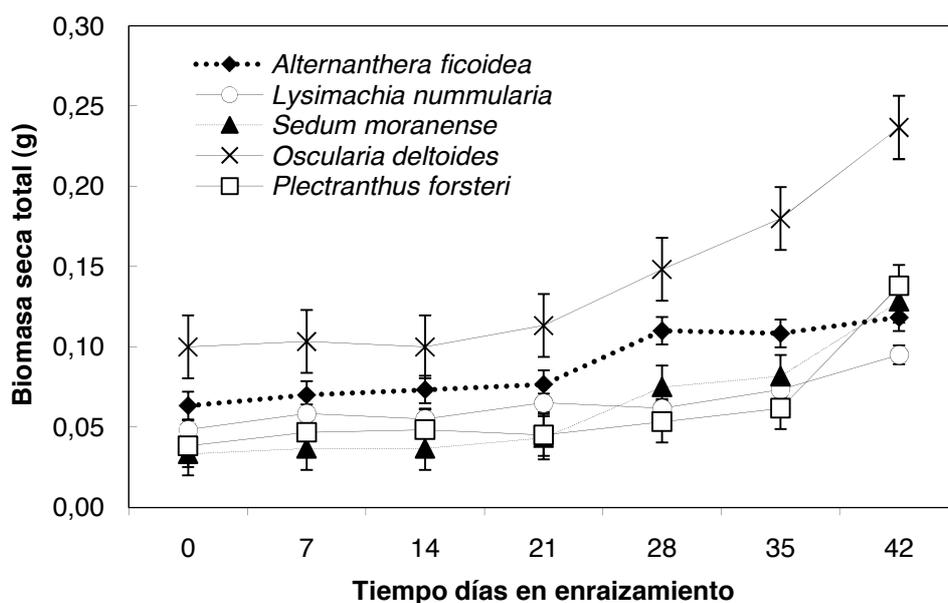


Figura 4. Dinámica de acumulación de biomasa seca total (hojas, tallos y raíz) de las cinco especies de estudio durante 42 días en enraizamiento.

### 2.5.2 Longitud de raíz total

*Lysimachia nummularia* y *Sedum moranense* fueron las especies con mayor capacidad inicial de enraizamiento (Figura 5). Transcurridos 14 días, durante el enraizamiento, ambas especies mostraron brotes de raíz que alcanzaban los 1.55 y 2.63 cm de longitud respectivamente (Figura 5). El resto de las especies requirió transcurrieran 21 y hasta 28 días para mostrar incrementos de significancia estadística en la longitud de raíz. No obstante, al final de la evaluación, transcurridos 42 días, todas las especies lograron desarrollar raíces con longitudes por encima de los tres centímetros (Figura 5). Las raíces de *Lysimachia nummularia*, *Plectranthus forsteri* y *Sedum moranense*, alcanzaron la mayor longitud final, de 4 a 5 cm.

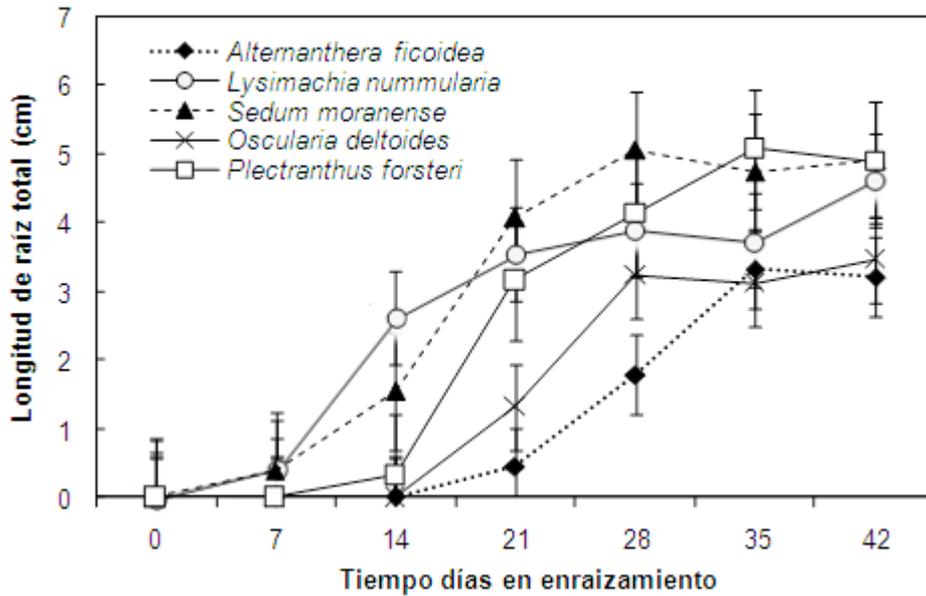


Figura 5. Dinámica de longitud de raíz total de las cinco especies de estudio.

### 2.5.3 Dinámica de velocidad de enraizamiento

*Lysimachia nummularia* y *Sedum moranense* son las especies que mostraron mayor velocidad inicial de enraizamiento, ambas presentaron tasas de desarrollo de  $0.06 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$  (Figura 6). Alcanzando su mayor tasa de enraizamiento transcurridos 28 y 35 días con valores de  $0.35$  y  $0.39 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$  respectivamente (Figura 6). *Plectranthus forsteri* alcanzó su mayor tasa de crecimiento ( $0.29 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$ ) transcurridos 35 días de iniciada la evaluación. *Oscularia deltoides* y *Alternanthera ficoidea*, mostraron tasas de enraizamiento de  $0.24$  y  $0.12 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$  respectivamente una vez transcurridos 28 días de iniciada la evaluación (Figura 6 y 7).

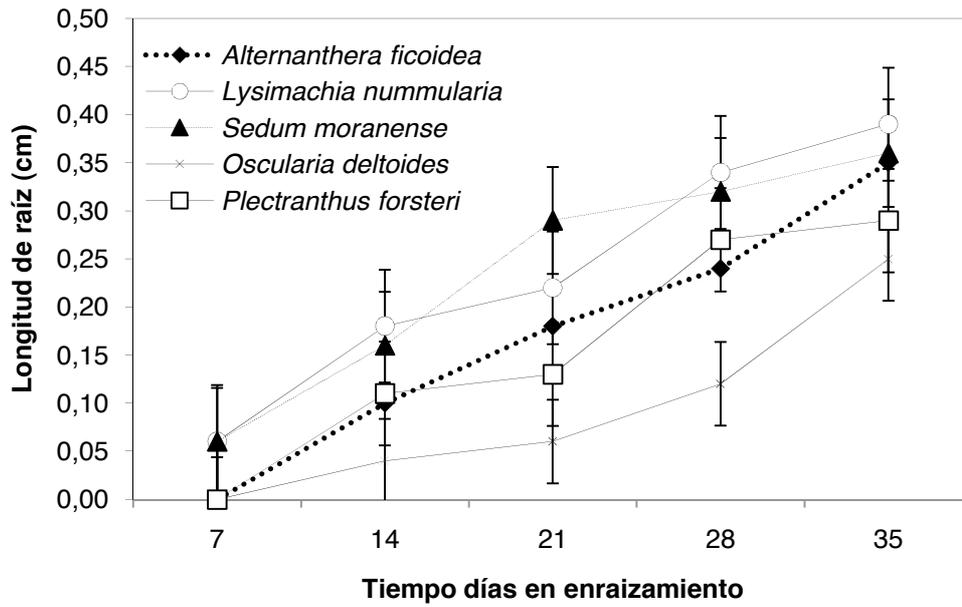


Figura 6. Dinámica de velocidad de enraizamiento total de las cinco especies de estudio.

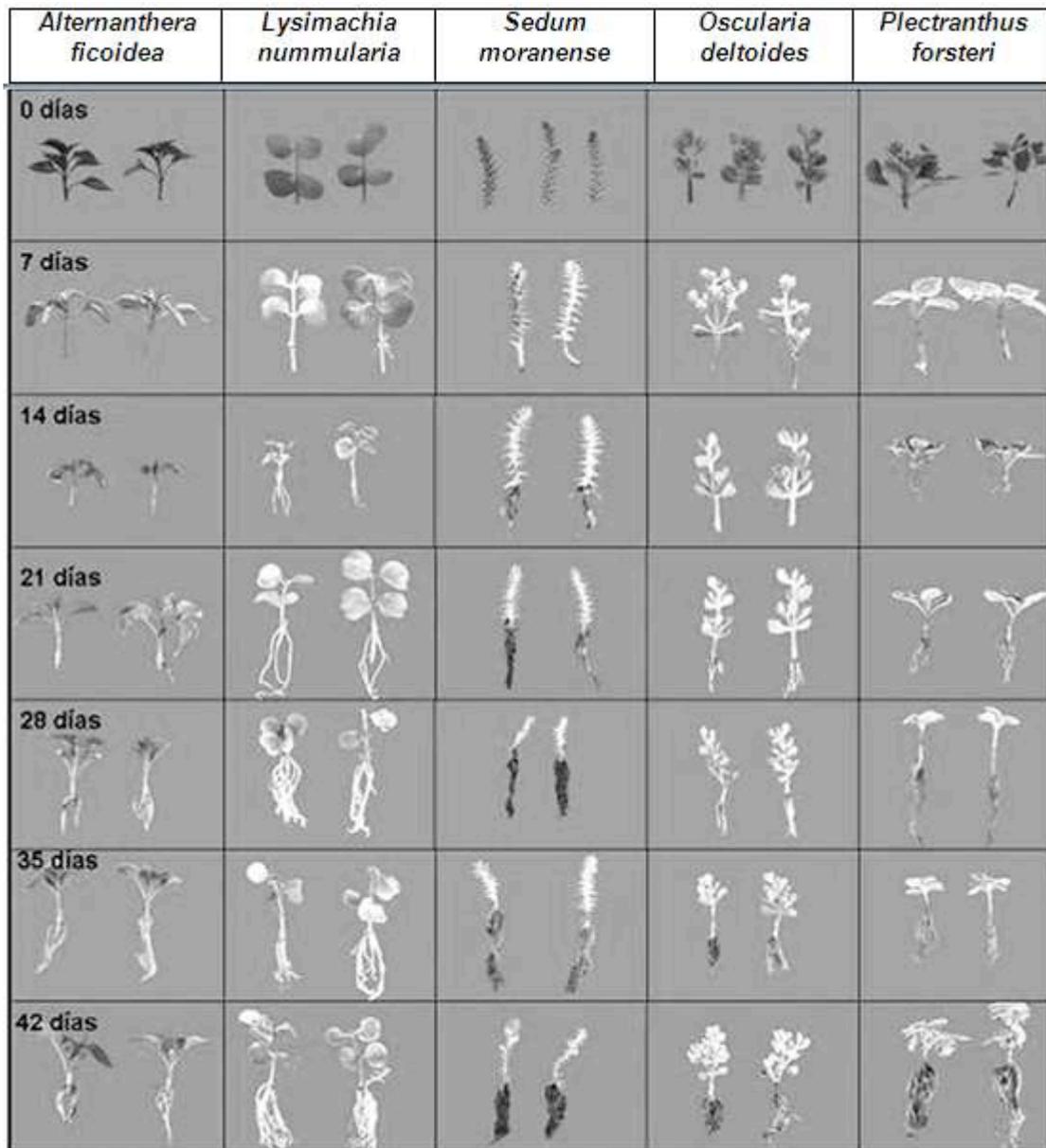


Figura 7. Dinámica de longitud de raíz de los 0 días hasta los 42 días de evaluación durante el enraizamiento, en las cinco especies ornamentales.

## 2.6 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman lo indicado en la literatura, donde la propagación asexual mediante el enraizamiento de esquejes es una práctica exitosa en la propagación de las especies de estudio. *Alternanthera ficoidea* (Missouri Botanical Garden, 2007) y *Sedum moranense* (Stephenson, 1994) son plantas que en ocasiones basta con que alguna rama o tallo toque el suelo o sustrato para formar raíces y generar una nueva planta. *Lysimachia nummularia*, *Oscularia deltoides* (Morales, 2007) y *Plectranthus forsteri* (Rubio, 2008) son también fácilmente propagadas por semilla, esqueje y/o división de la planta.

Todas las especies de estudio mostraron una alta capacidad de enraizamiento que permitió formar plántulas con desarrollo suficiente para ser establecidas en los paneles verticales transcurridos 28 días en la charola de propagación. El volumen radical y la biomasa seca acumulada, aun cuando mostro variaciones entre especies, fue el suficiente para lograr plántulas de calidad suficiente para establecimiento. La propagación mediante el uso de esquejes vegetales es altamente factible en la conformación de plántulas de estas especies, y bajo las condiciones de un invernadero sencillo en el Vallé de México.

Características como la longitud de raíz y la tasa de crecimiento radical son valores importantes considerando la futura disposición vertical de los esquejes. Una elevada capacidad de crecimiento radical puede fácilmente saturar el reducido espacio para desarrollo existente en los paneles y generar una competencia inter específica que dificulte la convivencia de varias especies en el panel. Larson, 2004, recomienda dejar suficiente lugar para el crecimiento de las plantas, y utilizar plantas pequeñas o esquejes, las cuales deben estar un poco inclinadas hacia arriba cuando se colocan en la pared. Es importante la exigencia de un enraizamiento de suelos poco profundos debido a que en la naturación de azoteas y en paneles se tienen entre 6-8 cm solamente (Neila *et al.*, 2004). Esta es una de las razones por lo que se debe poner especial atención a la selección de las especies a utilizar. Se trata de conseguir una especie que tapice la superficie sin cuidados de ninguna clase, y que su supervivencia contribuya a una mejora en la calidad medioambiental.

## 2.7 CONCLUSIÓN

Las cinco especies tienen la capacidad de emitir nuevas raíces mediante la propagación por esquejes. A los 28 días después del trasplante están listas para ser trasplantados en los paneles. *Lysimachia nummularia* y *Sedum moranense* fueron las especies con mayor capacidad inicial de enraizamiento y *Oscularia deltoides* es la especie de menor capacidad de enraizamiento.

## **CAPITULO 3. EFECTO DE LA PENDIENTE EN EL DESARROLLO DE ESPECIES VEGETALES EN PAREDES VIVAS**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Las paredes vivas son horizontes de crecimiento vegetal que requieren del establecimiento en disposición vertical de las especies. La verticalidad puede ejercer o modificar en diversas maneras el crecimiento de las especies vegetales (Larson, 2004). La fuerza de la gravedad, el desplazamiento y distribución de la humedad, la dirección de la luminosidad entre otros factores pueden ejercer diferentes estímulos sobre el desarrollo (Salisbury, 1994). Un diverso número de especies en la naturaleza logran su desarrollo bajo escenarios de verticalidad al establecerse en taludes de montañas, rocas o sobre árboles (Wackernagel y Rees, 1996). No obstante, el establecimiento de manera guida o artificial en paredes vivas, puede generar condiciones mas adversas del efecto del ambiente sobre el desarrollo de las plantas (Darlington *et al.*, 2001; Lewellyn *et al.*, 2000; Wani *et al.*, 1997).

Las paredes vivas se han convertido en herramientas para elevar el valor estético y de confort de ambientes para el trabajo o descanso. Un variado número de casas comerciales (Ecogreek, Livingroofs and Easy Green Living Wall Systems etc.) ofrecen sistemas de crecimiento de diversos tamaños y formas con el esencial propósito de generar microambientes que promuevan el relajamiento y confort necesarios para nuestras actividades. De mayor valía y funcionalidad puede ser el desempeño de la pared viva si son considerados los efectos benéficos sobre la salud que representa la presencia de un horizonte vegetal sobre el ambiente (Chang y Chen, 2005; Waliczek *et al.*, 2005). Modificaciones en los niveles de humedad, temperatura así como en la calidad o modificación del aire han sido observados y comentados por un gran número de investigadores (Wood y Burchett, 1995). Especies vegetales con la capacidad de retener (Darlington *et al.*, 2000), absorber (González-Chávez, 2000), asimilar (Joner y Leyval, 2001), acumular (Roane, 1999) o degradar (Rodríguez-Zaragoza y García-Gómez, 2005) partículas de diverso origen (químico, orgánico y natural) han sido introducidas en paneles de crecimiento vertical. Estudios realizados por la Agencia Nacional del Aire y el Espacio (NASA) así como un gran número de universidades y centros de investigación han puesto de manifiesto el gran potencial de estos sistemas de crecimiento.

Pero, existen pocos estudios publicados sobre las especies y su comportamiento específico y menos bajo las condiciones prevalente en los Valles centrales de México. Los estudios de Shōme *et al.* (2002) son de los pocos antecedentes escritos que reportan la evaluación de especies superiores dispuestas en biofiltros vegetales establecidos en interior. Carmona, 2001, y Dunnett y Kingsbury, 2004 mencionan algunos de los criterios de selección del material vegetal. Incluyeron características anatómicas y fisiológicas, y de hábito, tipo de crecimiento y manejo cultural (reducido mantenimiento). No obstante, ha sido evidente la necesidad de generar un mayor conocimiento relacionado con los efectos que impone la verticalidad sobre el desarrollo vegetal así como la evaluación de un mayor número de especies vegetales. El presente trabajo tiene la finalidad de proveer información preliminar relacionada con los efectos de diferentes pendientes de crecimiento sobre el desarrollo vegetal en paredes vivas.

### 3.2 OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de diferentes pendientes de crecimiento, sobre el desarrollo vertical en paredes vivas.
- Evaluar tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) sobre el desarrollo vertical de *Lysimachia nummularia*, *Alternanthera ficoidea* y *Sedum moranense* en paredes vivas.

### 3.3 HIPOTESIS

El desarrollo vertical de *Lysimachia nummularia*, *Alternanthera ficoidea* y *Sedum moranense* en paredes vivas es afectado por las diferentes pendientes de crecimiento.

### 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.4.1 Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en invernaderos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, asignados al área de Fruticultura (2250 msnm, 19° 19' N y 98° 53' O).

#### 3.4.2 Material vegetal

Esquejes de tres especies las cuales han sido comúnmente utilizadas en proyectos de paisajismo y naturación de azoteas *Alternanthera ficoidea* (periquito), *Lysimachia nummularia* (hierba de la moneda) y *Sedum moranense* (chisme) fueron utilizadas previa evaluación de su capacidad de enraizamiento (Capítulo 2).

#### 3.4.3. Propagación del material vegetal

Se consideraron brotes o esquejes apicales de plantas madre de *Alternanthera ficoidea*, y *Sedum moranense* con 3 a 5 cm de longitud. En *Lysimachia nummularia* fracciones con 3 pares de hojas, sin ápice fueron utilizadas. Se aplicó Acido indol butírico (RADIX®) en la base de los esquejes para la promoción del enraizamiento. Se utilizaron charolas plásticas de 128 cavidades, colocando un esqueje por cavidad. Dos charolas de cada especie fueron dispuestas en el invernadero de propagación para el enraizamiento de los materiales. El sustrato de crecimiento fue turba de musgo (Sunshine® No.3). Se regó diariamente y de manera manual, utilizando una manguera con cebolla de aspersion de 150 cavidades (Orbit®).

#### 3.4.4 Construcción de paneles y descripción del experimento

1) Los seis paneles de desarrollo utilizados (1.2 m X 0.75 m) fueron generados de cortes simétricos de panel W® (1.2 m x 2.25 m) para conformar los horizontes de crecimiento.

2) Perfil de aluminio (Poly-grip®, ACEA S.A. de C.V.) fue colocado perimetralmente en la cara posterior de los paneles para permitir la sujeción de malla y sustrato de crecimiento. Similarmente nueve cuadrantes internos fueron creados colocando el perfil y sistema de sujeción para generar las aéreas de evaluación experimental de cada uno de los paneles o paredes vivas.

3) Una cubierta de cinco centímetros de espesor de sustrato de crecimiento (Sunshine Mezcla No.3, Premier®) (Anexo A1), fue dispuesta sobre cada cuadrante

(40 cm X 25 cm). Posteriormente se cubrió con malla plástica de mosquitero la cual fue fijada al sistema colocando Poly-grip<sup>MR</sup> sobre la parte frontal y posterior del panel (Figura 8).

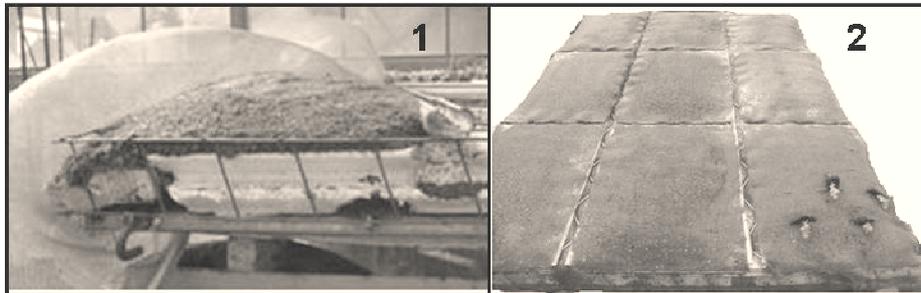


Figura 8. 1) Cuadrante con sustrato, 2) Panel completo.

4) Los paneles preparados fueron colocados en el área experimental utilizando un sistema de sujeción que permitió regular la pendiente de crecimiento requerida.

5) Plántulas enraizadas fueron colocadas haciendo una ranura transversal en la malla. Diez plántulas de la misma especie fueron dispuestas en cada cuadrante.

6) Un sistema de nebulización fue colocado por encima de los paneles para proporcionar la humedad requerida. Un timer (Orbit® Modelo 91932) y válvula de solenoide permitieron la programación diaria de riegos cuya frecuencia durante los primeros 15 días fue de diez minutos en tres horarios al día (7:30, 12:00 y 18:00 h). Posteriormente la frecuencia se redujo a dos riegos diarios a las 11:00 y 18:00 h. En el (Anexo A2) incluye el análisis de agua que se usó para el riego de los paneles.

### **3.4.5 Control de plagas**

Trampas de monitoreo (Adequim<sup>®</sup>, aceites minerales y feromonas) fueron dispuestas en el área experimental. Aplicaciones periódicas de Dimetoato y Clorpirifos (Ditiofosfato de O,O-dimetilo y de S-(N-metilcarbamoil) metilo, AGREX R 3) a razón de 1.0 m.<sup>-1</sup> L de agua fueron implementadas, para controlar las plagas que se presentaron durante el periodo de evaluación.

### **3.4.6 Obtención de datos climáticos**

Dos dispositivos electrónicos de registro y monitoreo de información ambiental (Pendant series HOBO, Onset Co.) fueron dispuestos en el invernadero. Las variables ambientales registradas incluyeron temperatura (°C) y luminosidad ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). La programación de registro fue de una lectura cada diez minutos.

### **3.4.7 Descripción de variables respuesta**

#### **Sobrevivencia (%)**

Se contaron las plantas vivas por cuadrante al finalizar el experimento, calculando el porcentaje de plantas vivas establecidas. Se midieron las variables descritas a continuación al destruir los paneles a los 171 ddt.

#### **Porcentaje de cobertura (%)**

- Se tomaron fotografías digitales (Fuji FinePix<sup>®</sup> E550) semanalmente, una vez transcurridos 10 días después del transplante (ddt). Cada cuadrante en los seis paneles experimentales fue fotografiado asegurándose que las plantas quedaran dentro de este. Señalizaciones de referencia fueron colocadas en los extremos de cada cuadrante.
- Utilizando Photoshop<sup>®</sup> Ver. 7.0.1 se calibró una plantilla de acuerdo a las medidas de ancho y largo de los cuadrantes en panel para determinar el área experimental de referencia.
- Cada fotografía fue procesada dibujando el contorno de cada ejemplar. Posteriormente se dejó en contrastes de blancos y negros que facilitarían la cuantificación digital del área.
- Terminando el procesamiento de todas las fotos, Image tool Ver. 3.0 fue utilizado para la cuantificación digital del porcentaje de cobertura (%•sem-1).

### **Biomasa fresca parte aérea (g)**

Cada una de las plantas dentro de los cuadrantes experimentales fue cosechada por encima del nivel del sustrato (base del tallo) al final del periodo experimental se pesó la biomasa fresca acumulada con una balanza modelo Ey-2200A (Alsep®).

### **Biomasa fresca parte radical (g)**

Paralelamente a la cosecha de la parte aérea, se removió la malla plástica y alambre de sujeción para extraer la parte radical. Se lavó varias veces para remover el sustrato de crecimiento remanente. La biomasa radical acumulada fue determinada para cada cuadrante experimental en cada una de las especies evaluadas.

### **Volumen parte aérea y radical (cm<sup>3</sup>)**

Una vez extraídos e identificado el material, se determino el volumen de la parte aérea y radical por separado. Fueron sumergidas en un volumen conocido de agua (600 ml), y se midió el volumen de agua desplazado.

### **Biomasa seca parte aérea y parte radical (g)**

Los tejidos extraídos e identificados por cada cuadrante y repetición experimental, fueron colocados en bolsas de papel No. 2 y colocados en una estufa de secamiento L397-K (Beckman®) durante 72 h a una temperatura de 70° C. Posteriormente se pesó con una balanza analítica modelo Ey-2200A (Alsep®).

### **Relación parte aérea/radical (g)**

Una vez obtenidos la biomasa seca de raíz y parte aérea, se calculó la relación existente entre ambas mediante la fórmula:

$$R = \frac{\text{Peso seco parte radical (g)}}{\text{Peso seco parte aérea (g)}}$$

### **3.4.8 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar. El factor parcela grande fue las pendientes de crecimiento, mientras que el factor de parcela pequeña fue la especie vegetal. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \varepsilon_{ik} + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;

Donde:

$y_{ijk}$  = respuesta asociada a la parcela pequeña  $j$  en la parcela grande  $i$  de la repetición  $k$

$\mu$  = media general de todas las unidades experimentales

$\beta_k$  = efecto del bloque  $k$

$A_i$  = efecto de la parcela grande

$\varepsilon_{ik}$  = error asociado a la parcela grande

$B_j$  = efecto de la parcela pequeña

$AB_{ij}$  = interacción de la parcela pequeña en la parcela grande

y  $\varepsilon_{ijk}$  = error total

### 3.4.9 Análisis estadístico

Tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) constituyeron los tratamientos experimentales (Figura 9). Cada panel quedó conformado por nueve cuadrantes en los cuales se alojaron las especies de estudio (Figura 8). Grupos de diez plántulas de la misma especie fueron aleatoriamente distribuidos en diferentes posiciones en el panel de crecimiento para un total de 90 plantas, se utilizaron dos repeticiones para cada pendiente. Un total de 540 plántulas fueron utilizadas para la conformación de todo el experimento.

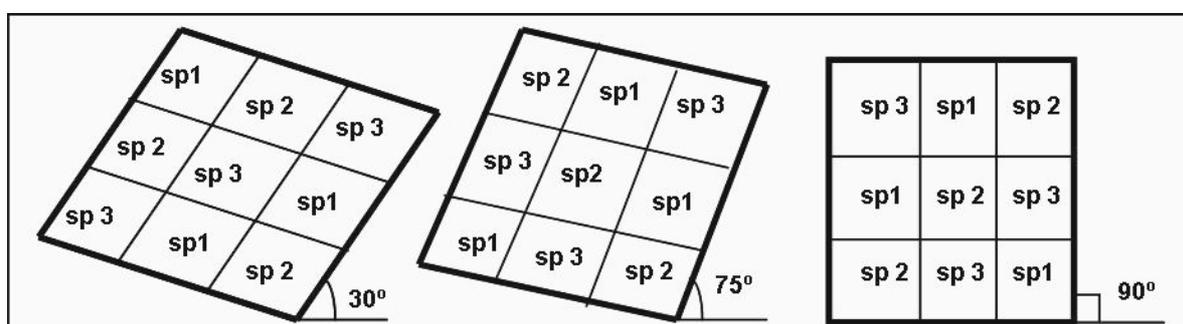


Figura 9. Conformación y distribución experimental de especies vegetales en paneles de crecimiento vertical en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) sobre el desarrollo vertical de *Lysimachia nummularia*, *Alternanthera ficoidea* y *Sedum moranense* en paredes vivas.

Se hizo un análisis de varianza para cada variable de estudio con apoyo del paquete estadístico SAS v. 8.1 (Statistical Analysis System), y una prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para identificar el efecto de pendiente en cada especie vegetal.

### 3.5 RESULTADOS

#### 3.5.1 Ambiente de desarrollo

El registro de las condiciones ambientales durante el periodo de evaluación indica temperaturas promedio de 19 °C con mínimas y máximas los 8 °C y 32 °C (Anexo A43). La luminosidad al interior del invernadero estuvo siempre por arriba de los 5500 luxes permitiendo el establecimiento y desarrollo continuado de los materiales en el panel (Anexo A44). Pero, fue evidente la baja en la luminosidad al llegar el periodo de lluvias en los últimos 20-30 días de evaluación (Anexo A44).

#### 3.5.2 Supervivencia

Ningún efecto de significancia estadística se observó en las especies, pendientes, posiciones o cualquiera de las interacciones evaluadas (Anexo A19). Las tres especies mostraron elevados porcentajes de supervivencia (Cuadro 3). *Sedum moranense* logro el 100% de supervivencia mientras que *Alternanthera ficoidea* y *Lysimachia nummularia* obtuvieron registros en 91.6% y 96.9% respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de pendiente sobre el porcentaje de supervivencia en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (30°, 75° y 90°) sobre el desarrollo vertical de *Lysimachia nummularia*, *Alternanthera ficoidea* y *Sedum moranense* en paredes vivas

Pendiente	<i>Alternanthera ficoidea</i>	<i>Sedum moranense</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>
75°	93.33 a	100.00a	98.33a
30°	96.67 a	100.00a	98.33a
90°	91.67a	100.00a	96.97a
DMS	12.04	12.04	12.04

DMS: diferencia mínima significativa; 30°,75° y 90° pendientes de crecimiento: medias con la misma letra, dentro de cada columna en cada especie ornamental, no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ).

#### 3.5.3 Porcentaje de cobertura

La cobertura inicial de los materiales a los 10 ddt tras su establecimiento en los paneles de crecimiento era de 6.46%, 4.64% y 1.87% en *Alternanthera ficoidea*, *Lysimachia nummularia* y *Sedum moranense* respectivamente.

La dinámica de los efectos de la pendiente de crecimiento sobre el desarrollo de la cobertura vegetal es observada en la figura 10. El análisis detallado de la dinámica de cobertura es complejo y muestra variaciones dependiendo de la fecha de evaluación y los tratamientos de estudio (Cuadro 4; Anexos A20 a A33). La figura 10

representa la dinámica general observada de donde es evidente que independientemente de la pendiente de crecimiento, *Alternanthera ficoidea* fue la especie con menor cobertura. Los valores al transcurrir los 171 días de evaluación indicaban un 50% de cobertura en 30° y de 40% en las pendientes de 75° y 90° (Figura 10).

Las plantas de *Lysimachia nummularia* mostraron un comportamiento similar al observado en *Alternanthera ficoidea*, pero incrementó su porcentaje de cobertura (62%) en la menor de las pendientes de estudio (Cuadro 4; Figura 10). Bajo las pendientes de 75° y 90° la cobertura alcanzada fue menor con valores de 55% en ambos casos (Figura 10).

La cobertura en *Sedum moranense* fue mejor a mayor pendiente. Páneles con pendientes de 75° y 90° mostraron una cobertura por encima del 70% (Cuadro 4; Figura 10). En el panel más horizontal hubo el menor desarrollo de la cubierta vegetal el (58 %) (Figura 10).

Se puede observar el incremento de cobertura a los 31, 87, y 151 ddt, de las tres especies de estudio durante la evaluación, en donde *Sedum moranense* y *Lysimachia nummularia* son las especies de mayor cobertura (Figura 11).

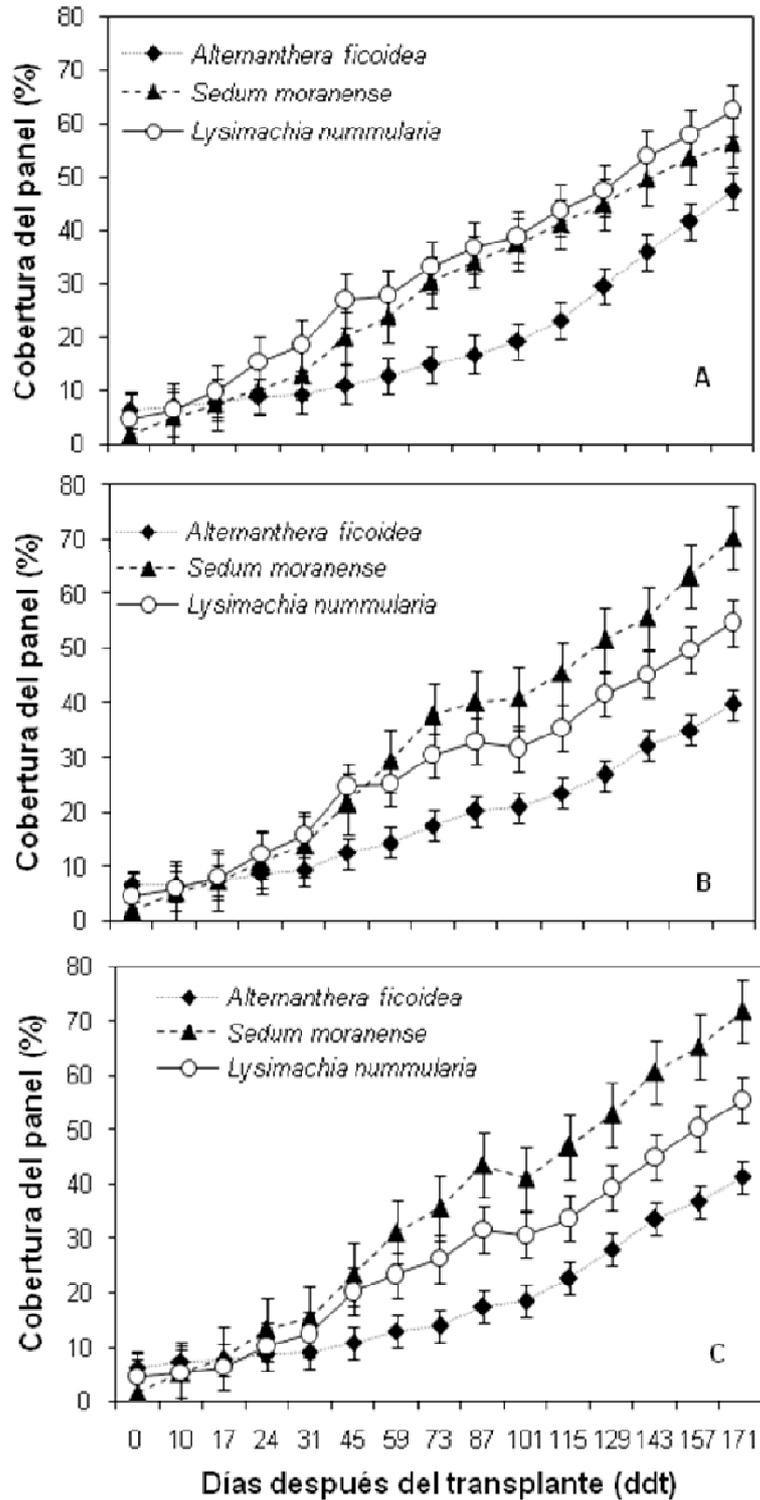


Figura 10. Dinámica de la cobertura vegetal en la evaluación de tres pendientes de crecimiento (A: 30°, B: 75° y C: 90°) sobre el desarrollo vertical de *Lysimachia nummularia*, *Alternanthera ficoidea* y *Sedum moranense* en paredes vivas.

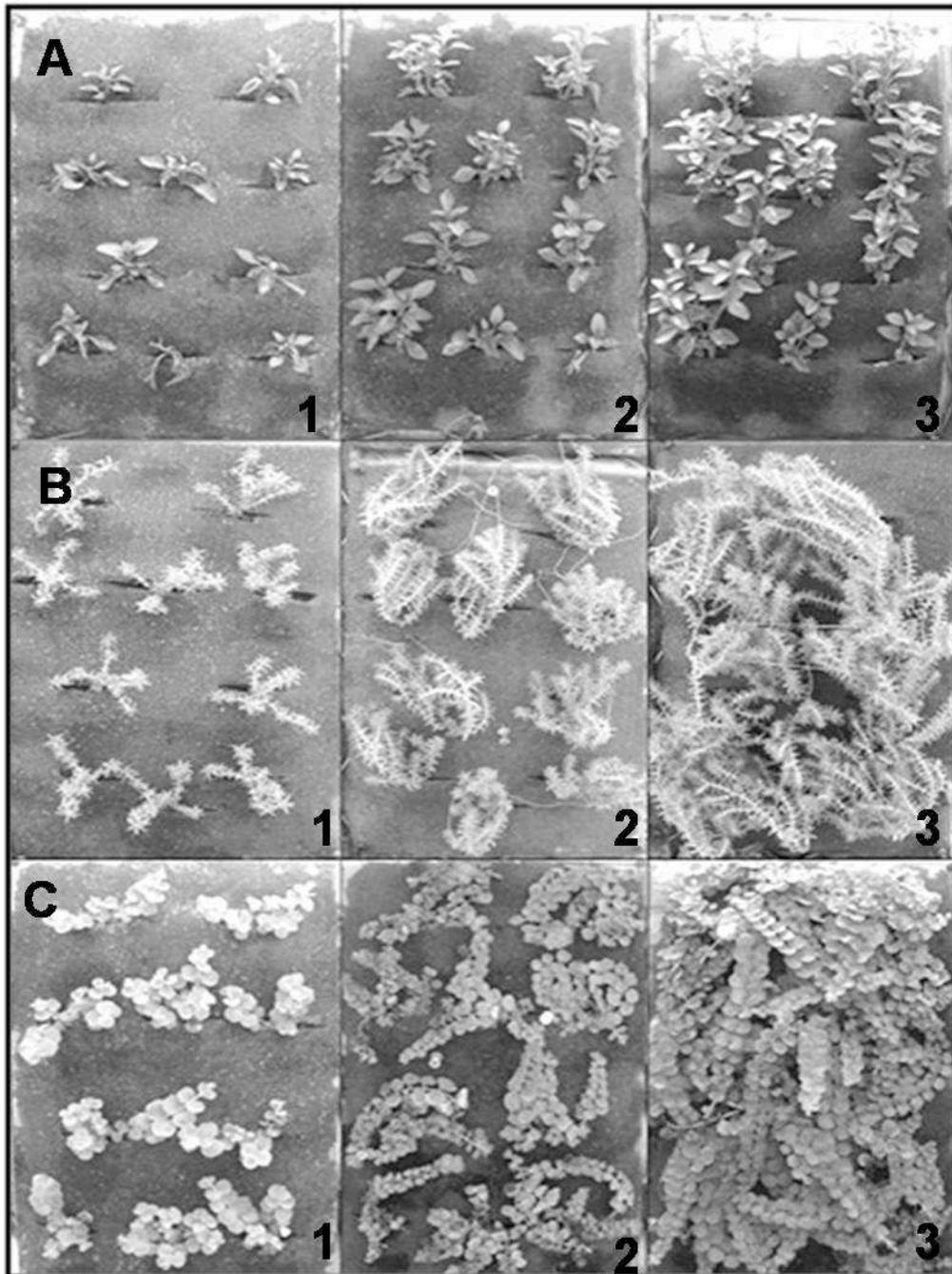


Figura 11. Dinámica del porcentaje de cobertura vegetal en la evaluación de las tres pendientes A) 75° *Alternanthera ficoidea*, B) 90° *Sedum moranense* y C) 30° *Lysimachia nummularia* a los 1) 31ddt, 2) 87ddt y 3) 157ddt respectivamente, en el desarrollo vertical de paredes vivas.

Cuadro 4. Efecto de la pendiente de crecimiento sobre la cobertura (%) a los 10 ddt hasta los 171 ddt, en tres especies ornamentales tras su establecimiento en paredes vivas de crecimiento vertical.

Cobertura (%)	<i>Alternanthera ficoidea</i>			<i>Sedum moranense</i>			<i>Lysimachia nummularia</i>			DMS
	30°	75°	90°	30°	75°	90°	30°	75°	90°	
10ddt	7.23ab	6.49b	7.35a	5.23a	5.23a	5.19a	6.60a	6.05ab	5.26b	1.12
17ddt	7.94a	7.40a	7.82a	7.48a	7.41a	8.10a	9.89a	8.09b	6.43b	0.91
24ddt	8.91a	8.76a	8.90a	10.50a	10.87a	13.30a	15.46a	12.13b	10.19b	2.96
31ddt	9.39a	9.39a	9.23a	13.13a	13.79a	15.44a	18.64a	15.77ab	12.48b	3.52
45ddt	11.21a	12.52a	10.96a	20.04a	21.49a	23.57a	26.95a	24.73ab	20.25b	5.41
59ddt	12.87a	14.43a	12.95a	24.02b	29.40ab	31.11a	27.87a	25.30a	23.32a	5.58
73ddt	14.96a	17.51a	13.84a	30.39b	37.64a	35.64ab	33.21a	30.36a	26.29a	7.05
87ddt	16.94a	20.18a	17.49a	34.17a	40.14a	43.60a	36.75a	32.97a	31.68a	9.67
101ddt	19.26a	20.78a	18.66a	37.54a	40.85a	41.02a	38.74a	31.64a	30.58a	9.25
115ddt	23.23a	23.54a	22.90a	41.22a	45.55a	46.85a	43.78a	35.41ab	33.74a	9.07
129ddt	29.69a	26.74a	28.03a	44.91a	51.65a	52.77a	47.52a	41.61a	39.35a	9.49
143ddt	36.04a	32.32a	33.56a	49.60b	55.72ab	60.68a	54.00a	45.26a	44.95a	9.77
157ddt	41.73a	35.03a	36.69a	53.53b	63.20ab	65.34a	57.84a	49.80a	50.31a	11.03
171ddt	47.49a	39.70a	41.30a	56.53b	70.38a	71.94a	62.49a	54.75a	55.53a	11.76

DMS: diferencia mínima significativa; 30°, 75° y 90° pendientes de crecimiento: medias con la misma letra, dentro de cada fila en cada especie ornamental (*Alternanthera ficoidea*, *Sedum moranense* y *Lysimachia nummularia*) no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ).

### 3.5.4 Biomasa fresca parte aérea y parte radical

La producción de biomasa fresca y su distribución en la parte aérea y radical mostró diferencias de significancia estadística dependiendo de la especie de estudio (Cuadro 5).

La acumulación de biomasa fresca en *Lysimachia nummularia* mostró diferencias por efecto de pendiente de crecimiento. A mayor pendiente menor acumulación de biomasa fresca, siendo la pendiente de 30° la que acumuló la mayor biomasa (236.63 g, Cuadro 5). En las otras dos especies, a pesar de no haber efectos con diferencias estadísticas, la tendencia numérica indica un comportamiento similar (Cuadro 5). El efecto de significancia estadística se presentó en la especie y la interacción bloque pendiente (Anexo A34).

Respecto a la distribución de la biomasa fresca, *Alternanthera ficoidea* y *Lysimachia nummularia* produjeron más biomasa en la parte radical que en la parte aérea en todas las pendientes de crecimiento. Contrariamente, *Sedum moranense* produjo mayor biomasa fresca en la parte aérea que en la parte radical sin existir efecto de pendiente sobre la biomasa acumulada (Cuadro 5). El efecto de significancia

estadística se presentó en pendiente, especie y la interacción pendiente especie (Anexo A35).

Cuadro 5. Efecto de la pendiente de crecimiento sobre la producción y distribución de la biomasa fresca (g), biomasa seca (g), volumen (cm<sup>3</sup>) de la biomasa producida y la relación parte aérea/radical, en tres especies ornamentales tras su establecimiento en paredes vivas de crecimiento vertical.

Variable	<i>Alternanthera ficoidea</i>			<i>Sedum moranense</i>			<i>Lysimachia nummularia</i>			DMS
	30°	75°	90°	30°	75°	90°	30°	75°	90°	
Biomasa fresca (g)										
Parte aérea	32.07a	23.1a	21.63a	139.28a	104.87a	129.35ab	37.97a	25.52a	27.27a	30.29
Parte radical	61.22a	49.27a	37.85a	78.38a	93.98a	61.65a	198.67a	115.68b	94.3b	52.77
Total	93.28a	72.37a	59.48a	218.66a	198.85a	191a	236.63a	141.2b	121.2b	59.92
Volumen (cm <sup>3</sup> )										
Parte aérea	28.33a	20a	25.83a	153.33a	146.67a	153.33a	36.67a	21.67a	36.67a	176
Parte radical	60a	47.67a	41.33a	100a	100a	63.5a	226.67a	120b	108b	64.98
Biomasa seca (g)										
Parte aérea	6.5a	5.27ab	4.66b	15.37a	14.2a	13.74a	9.12a	6.12b	6.31b	2.69
Parte radical	8.92a	7.98b	5.79b	14.7a	14.7a	9.33a	30.82a	19.13b	13.66b	10.33
Total	15.42a	13.25a	10.45a	28.53a	28.9a	23.07a	39.93a	25.25b	19.97b	11.94
Relación parte aérea/radical	0.82a	0.74a	0.83a	1.33ab	1.04a	1.56a	0.3a	0.36a	0.65a	0.47

DMS: diferencia mínima significativa; 30°, 75° y 90° pendientes de crecimiento: medias con la misma letra, dentro de cada fila en cada especie ornamental no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ).

### 3.5.5 Volumen parte aérea y parte radical

*Lysimachia nummularia*, fue la única de las especies cuyo volumen de raíz incrementó bajo la menor de las pendientes de crecimiento (226.67 cm<sup>3</sup>, Cuadro 5, Figura 12). Contrastantemente, *Sedum moranense* y *Alternanthera ficoidea* no mostraron diferencias en el volumen de su biomasa aérea y radical por efecto de pendiente (Cuadro 5, Figura 12). Las interacciones entre variables fue muy variado; algunas mostraron diferencias estadísticas y otras no presentaron (Anexo A37 y Anexo A 38).

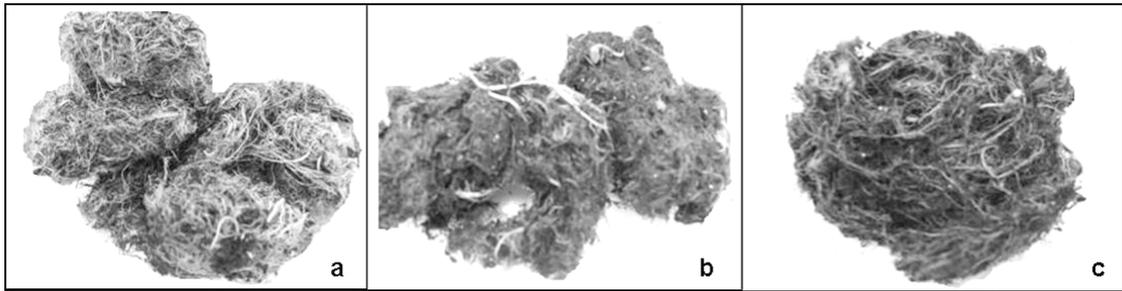


Figura 12. Crecimiento de parte radical de a) *Lysimachia nummularia*, b) *Sedum moranense* y c) *Alternanthera ficoidea* en el desarrollo vertical de paredes vivas.

### 3.5.6 Biomasa seca parte aérea y parte radical

La producción de biomasa seca mostró diferencia de significancia estadística, dependiendo de la especie de estudio, al igual su distribución de biomasa seca a la parte aérea y radical (Cuadro 5). *Lysimachia nummularia* es la única especie que mostró diferencia significativas por efecto de la pendiente en la acumulación de biomasa seca, siendo la pendiente de 30° la que acumuló una cantidad mayor (39.93 g) (Cuadro 5). *Alternanthera ficoidea* acumuló mayor producción de biomasa radical, mostró diferencia de significancia estadística en la pendiente de 30° (Cuadro 5). *Lysimachia nummularia* acumulo mayor biomasa seca radical en la pendiente de 30°, al igual mayor biomasa en la parte aérea con respecto a las otras dos pendientes, mostrando diferencia de significancia estadística (Cuadro 5). Se presentó diferencia estadística en la interacción bloque pendiente y especie en la parte aérea (Anexo A39) y en la parte radical la diferencia estadística se presento en pendiente y especie (Anexo A40).

### 3.5.7 Relación parte aérea y parte radical (g)

Independientemente del tratamiento no se presentó diferencias de significancia estadística, no hubo efecto de pendiente, con los valores obtenidos (Cuadro 5), indica que hubo mayor parte radical en *Alternanthera ficoidea* y *Lysimachia nummularia*.

En el caso de *Sedum moranense*, no hubo efecto de pendiente. Las plantas desarrollaron mayor parte aérea que parte radical en la relación antes indicada (Cuadro 5). Solo en especie mostró diferencia de significancia estadística (Anexo A. A42).

### 3.6 DISCUSIÓN

Poco se sabe sobre la verticalidad, pero hay varias posibilidades para el cultivo vertical de las plantas. Los jardines verticales pueden construirse y plantarse de muchas formas. Se puede construir una estructura en forma cuadrada o rectangular y puede plantarse en uno o ambos lados, dependiendo del lugar (Larson, 2004).

Las necesidades de agua de una planta varía con la especie, el tipo de tierra o sustrato donde se ha plantado y las características del entorno que la rodea (Ruiz, 2004); en las especies de estudio *Alternanthera ficoidea* y *Lysimachia nummularia* requieren riegos frecuentes y abundantes (Missouri Botanical Garden, 2007 y Morales 2007). Esto podría ser una desventaja para la vida en el panel, debido a que si no se cuenta con un buen sistema de riego estas especies tenderán a morir. Caso contrario en *Sedum moranense* que puede sobrevivir sin riegos por un mes (Stephenson, 1994). Esta característica puede ser la causa por la cual fue la única especie que presento un 100% de sobrevivencia. Además esta especie crece en ambientes verticales en forma natural. Tiene varias adaptaciones. Por ejemplo, se sabe que los *Sedum* abren sus estomas sólo por la noche y que en ella acumulan ácidos orgánicos. Ello les permite hacer de día la fotosíntesis con los estomas cerrados y sin pérdidas importantes de agua (Gómez- Campo, 2004).

El sistema de riego utilizado pudo haber afectado la homogeneidad en la distribución de la humedad en los paneles. La aspersion fue dirigida por encima de los páneles, así que había mayor humedad en la parte superior.

*Sedum moranense* y *Alternanthera ficoidea* fueron las especies de menor desarrollo radical. Esto pudo deberse a que un factor limitante siempre presente va a ser la escasez y poca profundidad del sustrato, lo cual exigirá plantas con un sistema radical poco profundo que permita cubrir adecuadamente sobre el espesor disponible (Gómez-Campo, 2004; Eppel-Hotz, 2004). Las plantas en tiestos que normalmente cultivamos en interiores, balcones, ventanas o terrazas tienen reducidas sus actividades vitales al plantarse en cantidades pequeñas de tierra. La función clorofílica queda limitada y el crecimiento es menor (Ruiz, 2004). Aunque eso depende de la especie debido a que *Lysimachia nummularia* presentó un mayor desarrollo de raíz, sin importar la profundidad de sustrato. Si el panel no hubiese contado con la división de cuadrantes *Lysimachia nummularia* pudiera no haber permitido que crecieran las raíces de las otras dos especies de estudio.

*Sedum moranense* fue la especie que presentó la mayor cobertura al final de la evaluación en mayor pendiente, quizás porque tenía la mejor preadaptación al ambiente. Aunque no es muy común el estudio de plantas en vertical, sí se ha estudiado a *Sedum album* L., de Europa. Su crecimiento es rápido en primavera tanto en el sentido vertical como horizontal, pero con un predominio del crecimiento vertical (estiramiento de los vástagos). (Gómez-Campo, 2004). Una superficie bien cubierta mantendrá mucho mejor la humedad del sustrato en beneficio de las plantas (Ruiz, 2004). Lo importante de esta variable es obtener mayor porcentaje de cobertura para cubrir el panel.

La competencia entre especies por el espacio en el panel se dio en *Lysimachia nummularia* debido a que es de rápido crecimiento. Es una especie que se utiliza para cubrir taludes y laderas Morales (2007), en cambio *Sedum moranense* es colgante (Vibrans, 2007).

Otro punto de interés son los tropismos de las plantas. Esto no se evaluó pero se observó que las plantas en las tres especies de estudio buscan la horizontalidad.

### 3.7 CONCLUSIÓN

El establecimiento en disposición vertical de *Alternanthera ficoidea*, *Sedum moranense* y *Lysimachia nummularia* es factible bajo las condiciones de estudio. Las especies presentan una elevada capacidad de establecimiento en paredes vivas en vertical. Las variaciones en la pendiente solo afectaron el desarrollo de una de las especies de estudio (*Lysimachia nummularia*) mientras que la pendiente en el panel no genero efectos de consideración.

Se pretende que a través de este estudio se genere información de interés para la industria en el desarrollo de paredes vivas, aunque solo se han visto estos sistemas en países de mayor desarrollo. En México solo se ha manejado las azoteas verdes pero aun falta mayor promoción. No obstante se requiere estudios más detallados que permitan observar variaciones en el perfil de humedad, los sistemas de riego a utilizar, mayor monitoreo efectos ambiente, así como la evaluación de un mayor número de especies, cantidad de sustrato. Otro factor que obstruía la humedad era el aumento de cobertura de las plantas del primer nivel impedía la circulación del agua en la parte de abajo. No obstante, no se registraron efectos de posición sobre cobertura y sobrevivencia. Un riego más uniforme dispuesto en goteo en la estructura de la pared viva parece una alternativa más viable para la distribución del agua de riego. Por la falta de espacio y para efectos prácticos solo se utilizaron tres especies pero pudo haber sido interesante utilizar más especies para conocer el crecimiento y adaptación de ellas. Para el éxito de la vida en el panel se debe contar con más profundidad de sustrato para el buen desarrollo de raíces, eso permitirá el buen crecimiento de las plantas.

## CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DEMOSTRATIVO

Una vez terminada la fase de evaluación de los paneles, se construyó el panel demostrativo, utilizando el mismo sistema, ahora incorporando un sustrato enriquecido con micorrizas con la finalidad de promover el desarrollo de los materiales vegetales (Premier Pro-mix Bx Mycorrise). Doce especies fueron incorporadas a la pared vertical (Cuadro 6).

Cuadro 6. Listado de especies ornamentales que se usaron en una pared viva demostrativa.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Lysimachia nummularia</i>	hierba de la moneda
<i>Alternanthera ficoidea</i>	periquito
<i>Impatiens walleriana</i>	Belén
<i>Plectranthus forsteri</i>	malva de adorno variegada
<i>Polygonum capitatum</i>	nudosilla
<i>Maranta leoconeura</i> var. <i>kerchoveana</i>	sapito
<i>Peperomia caperata</i>	cola de rata o de ratón
<i>Spathiphyllum wallisii</i>	cuna de moisés
<i>Philodendron scandens</i>	filodendro de hoja acorazonada
<i>Pilea cadierei</i>	pilea
<i>Aptenia cordifolia</i>	Rocío, escarcha, cabelleras de la reina
<i>Sedum luteoviride</i>	Sedum

### 4.1 Mantenimiento

Se utilizó el mismo sistema de riego de los paneles, se programaron en el timer dos riegos al día con 15 minutos aproximadamente.

#### 4.2 Observaciones generales

Se transplantaron las plantas en el panel el día 29 de Agosto del 2007. (Figura 13) A los 7ddt, *Lysimachia nummularia* tenía nuevos brotes, *Spathiphyllum wallisii* presentó la flor abierta, y *Polygonum capitatum* se mostró con síntomas de marchitez, probablemente a que esta última no se había aclimatado.



Figura 13. Perspectiva del panel demostrativo al establecimiento de las especies en la pared viva (0 ddt).

A los 20 ddt *Sedum luteoviride* presentó un incremento en cobertura, *Spathiphyllum wallisii* mostró dos brotes de nuevas flores, *Philodendron scandens* el número de hojas. *Polygonum capitatum* se recuperó para entonces. De manera general las plantas mostraron buen estado y vigor (Figura 14).



Figura 14. Perspectiva del panel demostrativo transcurridos 20 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (20 ddt).

A los 36 ddt *Sedum luteoviride* incrementó su cobertura, *Lysimachia nummularia* aumentó en número de brotes, y *Aptenia cordifolia* presentó brote de flor e incremento de hojas. Las demás plantas se encuentran de manera similar de las observaciones pasadas (Figura 15).



Figura 15. Perspectiva del panel demostrativo transcurridos 36 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (36 ddt).

A los 62 ddt se llenó el panel. Eso indicó que las especies incrementaron su cobertura: *Aptenia cordifolia*, *Sedum luteoviride*, *Polygonum capitatum*, *Impatiens walleriana* y *Lysimachia nummularia*. Las demás especies su crecimiento es muy lento, pero de manera general se encuentran en buen estado. (Figura 16).



Figura 16. Perspectiva del panel demostrativo transcurridos 62 días después del establecimiento de las especies en la pared viva (62 ddt).

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez B., D., S.M. Contreras y H.M. Poggi. 2002. Sistemas de tratamiento de aguas residuales por aplicación al suelo. *Avance y Perspectiva* 21. 333-340.
- Baek, S., Y Kim. and R. Perry. 1997. Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas indoor-outdoor relationships. *Atmospheric Environment* 31: 529-544.
- Baird, V. 1999. GreenCities. *New Internationalist* 313:7-10.
- Bernal M.P., R. Clemente, S. Vázquez, and D.J. Walter. 2007. Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. *Ecosistemas*. 2: 68-82. ([URL:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=483&Id\\_Categoria=2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=483&Id_Categoria=2&tipo=portada)). 26 de septiembre de 2007.
- Briz E., J. 2004. Evaluación del bienestar y naturación urbanos. *In: Briz J. Naturación urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental*. Mundi-Prensa. Madrid, España. p: 63-80.
- Burgarín-Montoya, R., A. Galvis-Spindola, P. Sánchez-García y D. García-Paredes. Desarrollo vegetal. *Terra* 20:401-409.
- Burylo, M. F. Rey and P. Delcros. 2007. Abiotic and biotic factors influencing the early stages of vegetation colonization in restored marly gullies (Southern Alps, France). *Ecological Engineering* 30: 231-239.
- Carmona C., E. 2001. Selección de especies utilizables en la naturación extensiva de azoteas en el Valle de México. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 122 pp.
- Chang C.Y. and P.K. Chen. 2005. Human response to window views and indoor plants in the wokplace. *HortScience* 40:1354-1359.
- Corell, T.J. and J.Z. Kiss. 2002. Interactions between gravitropism and phototropism in plants. *Journal of Plant Growth Regulation* 21:89-101.
- Darlington A., M. Chan, D. Malloch, C. Pilger, and A. Dixon. 2000. The biofiltration of indoor air: implications for air quality. *Indoor Air* 10: 39-46.
- Darlington A., J.F. Dat, and A. Dixon. 2001. The biofiltration of indoor air: air flux and temperature influences the removal of toluene, ethylbenzene and xylene. *Environmental Science and Technology* 35: 240-246.
- De Esteban, A.A. 2003. Contaminación acústica y salud. *Observatorio Medio Ambiental* 3: 73-95.
- De Remate. 2006. (sitio de internet) [http://florawww.eeb.uconn.edu/acc\\_num/198502790.html](http://florawww.eeb.uconn.edu/acc_num/198502790.html) University of Connecticut. Ecology and Evolutionary Biology plant growth facilities. 12 de octubre de 2007.

- Dimitriou, I. y P. Aronsson. Sauces para energía y fitorremediación en Suecia. *Unasyuva* 56: 47-50.
- Dunnett, N., and N. Kingsbury. 2004. Planning green roofs and living walls. Timber Press. Portland, 254 pp.
- Eapen, E., M.L. Barroso, M.E. Campos, G. Ponce, G. Koekidi, J.G. Dubrosky, and G.I. Cassab. 2003. A no hydrotropic response root mutant that responds positively to gravitropism in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 131:536-546.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. The inside story: a guide to indoor air quality. EPA document number 402-K-93-007. <http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidest.html> 25 de Abril del 2008.
- Eppel-Hotz, A. 2004. Low maintenance planting of steep noise barrier wall systems. *Acta Horticulturae* 643: 281-287.
- Fails, B.S., A.J. Lewis, and J.A. Barden. 1982. Anatomy and morphology of sun and shade grown *Ficus benjamina*. *Journal of the American Society Horticultural Science* 107:754-757.
- Garden Guides. 2000. (Sitio de internet) *Alternanthera ficoidea*, Garden Basics-flower-annual. <http://www.gardenguides.com/plants/info/flowers/annuals/alternanthera.asp>. 19 de octubre de 2007.
- Gardening. 2007. (Sitio de internet) Sanguinaria *Alternanthera ficoidea* (L.). Beauve <http://es.gardening.eu/arc/plantas/Plantas-perennes/Alternanthera-ficoidea-L.-Beauv/2649/> , 5 de febrero de 2008.
- GDF (Gobierno del Distrito Federal). 2007. Plan verde Ciudad de México. (Sitio de Internet) <http://www.sma.df.gob.mx/sma/planverde/> 30 de Agosto de 2007.
- Getter, K.L. and D.B. Rowe. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41:1276-1285.
- Gilbert, I.R., G.P. Seavers, P.G. Jarvis and H. Smith. 1995. Photomorphogenesis and canopy dynamics. *Plant Cell and Environment* 18:475-497.
- Gómez-Campo, C. 2004. El componente vegetal en la naturación. *In: Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental*. Briz, J. E. (ed). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 197-212.
- González-Chávez, C. 2000. Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *In: La Edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. Tomo II. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F. pp: 714-731.
- Grant, R.G., L. Egleback and B. Nicholson 2003. Green roofs: existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas. English Nature Research Report No. 498. Peterborough, U.K. English nature. [http://www.urbanhabitats.org/v04n01/invertebrates\\_full.html#cite11](http://www.urbanhabitats.org/v04n01/invertebrates_full.html#cite11)

- Gutiérrez E., J.A. 2005. Paredes vivas: verdaderos motores para el mantenimiento del ambiente y la calidad del aire en interior. *Tecnoagro* 6:47-48.
- Hangarter, R.P. 1997. Gravity, light and plant form. *Plant Cell Environment* 20: 796-800.
- Hernández-Valencia I. and D. Maguer. 2003. Uso de *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha* para fitorremediar suelos contaminados con un crudo de petróleo liviano. *Bioagro* 15:149-155.
- Izembart, H. and B. Le Boudec. 2003. Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante tratamientos vegetales. Ed. GG. Barcelona 119 pp.
- Jensen, K.H.E. 1997. Effects of photoperiod and temperature on morphogenesis in *Dianthus caryophyllus* Lilipot stock plants. *Acta Horticulturae* 435:77-86.
- Johnston, J. and J. Newton. 2004. A guide to using plants on roofs, walls and pavements. Greater London Authority . 120p.
- Joner E.J., and C. Leyval. 2003. Rhizosphere gradients of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dissipation in two industrial soils and the impact of arbuscular mycorrhiza. *Environmental Science and Technology* 37: 2371-2375.
- Karlsson, M.G. and J.W. Werner. 2001. Temperature after flower initiation affects morphology and flowering of *Cyclamen*. *Scientia Horticulturae* 91:357-363.
- Kiss, J.Z. 2000. Mechanisms of the early phases of plant gravitropism. *Critical Reviews in Plant Sciences* 19:551-573.
- Kjaergaard, S.K., L. Molhave. and P. Ole F. 1991. Human reactions to a mixture of indoor air volatile organic compounds. *Atmospheric Environment* 25: 1417-1426.
- Kolb, W. 2004. Good reasons for roof planning – green roofs and rainwater. *Acta Horticulturae* 643: 295-300.
- Kotzen, B. 2004. Plants and environmental noise barriers. *Acta Horticulturae* 643: 265-267.
- Koulouri, M. and Chr. Giourga. 2007. Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena* 69:274-281.
- KrishnaRaj, S., T. Dan and P. Saxena. 2000. A fragrant solution to soil remediation. *International Journal of Phytoremediation* 2: 117-132.
- Larson, R.A. 2004. Introducción a la floricultura. Tercera reimpresión. AGT Editor. México. D.F. 551 p.
- Lewis L., S.L. Salisbury and Hagen Shannon. 2001. Soil Bioengineering for slope stabilization. Research projet WA-RD 491.1. 1-45.

- Llewellyn, D., A. Darlington, M. Dixon, and J. Mallany. 2000. The biofiltration of indoor air: a novel reactor for a novel waste gas stream. <http://www.robertsonbuilding.com/Biowall%20Documents/Air%20Quality%20Solution%20Documents/background.pdf>
- Mallany, J., A.B. Darlington, and M.A. Dixon. 2000. The biofiltration of indoor air. *Atmospheric Environment* 46:263-268.
- Mandoli, D.F., G.A. Ford, L.J. Waldron, J.A. Nemson, W.R. Briggs. 1990. Some spectral properties of several soil types: implications for photomorphogenesis. *Plant Cell Environment*. 13:287-294.
- Matesanz, S. and F. Valladares. 2007. Improving revegetation of gypsum slopes is not a simple matter of adding native species: Insights from a multispecies experiment. *Ecological Engineering* 30:67-77.
- Meagher, R.B. 2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current Opinion Plant Biology*. 3:153-162.
- Missouri Botanical Garden. 2007. *Alternanthera ficoidea* (Sitio de internet). <http://www.mobot.org/gardeninghelp/plantfinder/Plant.asp?code=A485#>. 19 de octubre de 2007.
- Moe, R., and R. Heins. 1990. Control of plants morphogenesis and flowering by light quality and temperature. *Acta Horticulturae* 95: 272-280.
- Molhave L., G. Clausen, B. Berglund, J. de Ceaurriz, A. Keitrup, T. Lindvall, M. Maroni, A.C. Pickering, U. Risse, H. Rothweiller, B. Seifert, and M. Younes. 1997. Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. *Indoor Air* 7: 225-240.
- Morales, J. 2007. Infojardin (sitio de internet). <http://www.infojardin.com>. 22 de octubre de 2007.
- Morales, J. 2007. Infojardin (sitio de internet). <http://fichas.infojardin.com/crasas/oscularia-deltoides.htm>. *Oscularia deltoidea* 22 de octubre de 2007.
- Naturaire® Systems. Air Quality Solutions Ltd. 2004. (sitio de internet). <http://www.naturaire.com>. 12 de enero de 2006. Air- According to Nature's Intentions.
- Neila, G. F., Bedoya Cesar.. Frutos y Celina. Britto. Correa. 2004. La cubierta ecológica en el contexto de la Arquitectura bioclimática. In: naturación urbana: cubiertas ecológicas y mejora medioambiental. Briz, J.E. Mundi-Prensa. Madrid, España. 241-265.
- Nondedeu, I. F. and A. Bédécarrats. 2007. Influence of alpine plants growing on steep slopes on sediment trapping and transport by runoff. *Catena* 71:330-339.

- Okada, K. and Y. Shimura. 1992. Mutational analysis of root gravitropism and phototropism *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Australian Journal of Plant Physiology* 19:439-448.
- Pérez G.F., y J.B. Martínez. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Mundi-prensa. España 218p.
- Pérez V.J., G.G. Esquivel y F.E. García. 2002. Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avance y Perspectiva* (21). 297-300.
- Pérez P.J. y A. del Río. 2004. La cubierta ajardinada como medio de integración ecológica In: Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental. Briz, J.E. Mundi-prensa. Madrid, España. 347-359.
- Peuke, A. and H. Rennenberg. 2005. Phytoremediation. Molecular biology, requirements for application, environmental protection, public attention and feasibility. *Indoor Air* 6:497-501.
- Raven, P.H., R. F. Evert, H. Curtis. 1999. Biology of plants.
- Raya Perez. Juan. Carlos. 2003. El fototropismo en plantas. *Acta universitaria* (Universidad de Guanajuato) 13:47-52.
- Richardson, A. 1991. Ground covers for camelias. *Journal of Camellias*: 17-19.
- Roane, T.M. 1999. Lead resistance in two bacterial isolates from heavy-metal contaminated soils. *Microbiology Ecological* 37: 218-224.
- Rodríguez-Zaragoza S. y E. García-Gómez. 2005. Protozoarios. In: González-Chávez, M.C., J. Pérez-Moreno y R. Carrillo-González. El sistema planta-microorganismo-suelo en áreas contaminadas con residuos de minas. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. Pp 117-125.
- Rojas V., A.N. 2005. Fertilización mineral y biológica en la producción comercial de tallos de perrito (*Atirrhinium majus* L.) para flor de corte. Tesis Maestría en Ciencias Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. 90 p.
- Rubio H. J. Planthogar. 2008. (sitio de internet). <http://www.planthogar.net/encyclopedia/view.asp?id=59>, Planta del dinero. 5 de febrero de 2008.
- Ruiz M. C. 2004. Desarrollo del plan de marketing para la introducción comercial de las azoteas ecológicas. In: Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental. Briz, J. E. (ed). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 197-212.
- Sack, F.D. 1991. Plant gravity sensing. *International Review of Cytology* 127:193-252.
- Salisbury, F. B. and C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Iberoamericana.

- Sakai T., Wada T., S. Ishiguros., K. Okada. 2000. RTP 2: A signal transducer of the phototropic response in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 12:225-236.
- Sakamoto, K. and W.R. Briggs. 2002. Cellular and subcellular localization of phototropin 1. *Plant Cell* 14:1723-1735.
- Shome, U., A.B. Darlington and M. Dixon. 2002. The use of green plants in indoor air biofilters. In: 2002 USC-TRG Conference on biofiltration (An air pollution control technology) Ed. Edward Reynolds Jr. Los Angeles, CA. pp. 112-117.
- Smith, H. 1981. Light quality as an ecological factor. In: plants and their. *Atmospheric Environment* 48:93-110.
- Simonich S.I., and R. Hites. 1995. Organic pollutant accumulation in vegetation. *Environmental Science and Technology* 29: 2905-2914.
- Snodgrass, E.C. and L.L. Snodgrass. 2006. Green roof plants. Resource and planning guide. Timber press. Hong-Kong. 203p.
- Stack, G. 2005. (sitio de internet). Desde el suelo hacia arriba: cubiertas vegetales para conocer y utilizar. [http://www.urbanext.uiuc.edu/groundcovers\\_sp/credits.cfm](http://www.urbanext.uiuc.edu/groundcovers_sp/credits.cfm). Extensión de la Universidad de Illinois. 19 de octubre de 2007.
- Stephenson, R., 1994. Cultivated *Sedum* Stonecrops. Timber Press. Portland Oregon. 335p.
- Stinemetz, C., H. Takahashi and H. Suge. 1996. Characterization of hydrotropism: the timing of perception and signal movement from the root cap in the agravitropic pea mutant ageotropum. *Plant Cell Physiology* 37: 800-805.
- Sudhishri, S., A. Dass and N.K. Lenka. 2008. Efficacy of vegetative barriers for rehabilitation of degraded hill slopes in eastern India. *Soil & Tillage Research* 99: 98-107.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Photosynthesis: physiological and ecological considerations. In: *Plant Physiology*. 2<sup>nd</sup> Ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers.
- Takahashi, H. 1997. Hydrotropism: the current state of our knowledge. *Journal of plants research* 1098:163-169.
- Tsutsumi, D., K. Kosugi and T. Mizuyama. 2003. Root-System Development and Water-Extraction Model Considering Hydrotropism. *Soil Sci. Soc. American Journal* 67: 387-401.
- Tsuyazaki, S. 2005. *Miscanthus sinensis* grassland is an indicator plant community to predict forest regeneration and development on ski slopes in Japan. *Ecological indicators* 5: 109-115.
- Torres, R.D. 2003. El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. *Ecosistemas* (2). No tiene paginas ([URL:http://www.aeet.org/ecosistemas/032/informe1.htm](http://www.aeet.org/ecosistemas/032/informe1.htm))

- VanWoert, N.D., Rowe, D.B. Andresen, J.A. Rugh, C.L. Fernandez, R.T. Xiao, L. 2005. Green roof stormwater retention: effects of surface, slope and media depth. *Journal of Environmental Quality* 34:1036-1044.
- Vibrans, H. (ed.). 25 de abril de 2007. (Sitio de internet). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/crassulaceae/sedum-moranense/fichas/ficha.htm>. Malezas de México. 19 de octubre de 2007.
- Vitha, S., L. Zhao and F.D. Sack. 2000. Interactions of root gravitropism and phototropism in *Arabidopsis* wild-type and starchless mutants. *Plant Physiology* 122:453-462.
- Waliczek, T.M., J.M. Zajicek, R.D. Lineberger. 2005. The influence of gardening activities on consumer perceptions of life satisfaction. *HortScience* 40:1360-1365.
- Wani, A.H., M.R. Branion, A.K. Lau. 1997. Biofiltration: a promising and cost-effective control technology for odors, VOC's, and air toxins. *Journal of Environmental Science and Health (A32)*: 2027-2055.
- Wolverton, B.C. 1997. How to grow fresh air. Penguin Books. New York, U.S.A. 143 p.
- Wood, R.A., and M.D. Burchett. 1995. Developing interior foliage plants for the improvement of air quality. *Acta Horticulturae* 391: 119-125.

## ANEXOS

### Anexo A1. Análisis de la mezcla comercial empleada como sustrato

pH	C.E. dS·m <sup>-1</sup>	Nt %	P ppm	K cmol·kg <sup>-1</sup>	CIC
5.8	0.72	0.34	125.9	2.09	6.85

### Anexo A2. Análisis de agua usada para el riego de las plantas

pH	CE (dS·m <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	RAS	PSI	Clasificación
meq/L (cmoles·L <sup>-1</sup> )													
7.7	0.39	0.97	1.7	0.35	0.13	t	0.09	0.96	0.11	0.85	1.16	0.45	C2-S1

t= trazas; C2-S1 = agua de salinidad media: se recomienda usar en suelos siempre y cuando se procuren lavados. Se pueden producir plantas moderadamente tolerantes a las sales y tiene poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio (Rojas, 2005).

### Anexo A3. Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 0 ddt (días después del trasplante)

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.017	0.004	44.26	<.0001*
Error	25	0.002	0.000		
Total	29	0.020			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

### Anexo A4. Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 7 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.016	0.004	34.57	<.0001*
Error	25	0.003	0.000		
Total	29	0.019			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

### Anexo A5. Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 14 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.015	0.004	19.53	<.0001*
Error	25	0.005	0.000		
Total	29	0.019			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

### Anexo A6. Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 21 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.020	0.005	8.59	0.0002*
Error	25	0.014	0.000		
Total	29	0.034			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A7.** Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 28 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.037	0.009	17.47	<.0001*
Error	25	0.013	0.000		
Total	29	0.050			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A8.** Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 35 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.054	0.013	38.34	<.0001*
Error	25	0.009	0.000		
Total	29	0.063			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A9.** Análisis de varianza para biomasa seca total de hojas, tallos y raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 42 ddt.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.059	0.015	2.90	0.0422*
Error	25	0.127	0.005		
Total	29	0.186			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A10.** Biomasa seca total en cinco especies ornamentales en pruebas de enraizamiento

Tratamientos	0ddt	7ddt	14ddt	21ddt	28ddt	35ddt	42ddt
<i>Alternanthera ficoidea</i>	0.06 b	0.07 b	0.07 b	0.08 ab	0.11 ab	0.11 b	0.12 ab
<i>Lysimachia nummularia</i>	0.05 bc	0.06 bc	0.06 bc	0.07 b	0.06 c	0.07 c	0.10 b
<i>Sedum moranense</i>	0.03 c	0.04 d	0.04 c	0.04 b	0.08 bc	0.08 bc	0.13 ab
<i>Oscularia deltoidea</i>	0.10 a	0.10 a	0.10 a	0.11 a	0.15 a	0.18 a	0.23 a
<i>Plectranthus forsteri</i>	0.04 c	0.05 d	0.05 c	0.05 b	0.05 c	0.06 c	0.14 ab
DMS	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.12

DMS: diferencia mínima significativa; ddt (días después del trasplante); medias con la misma letra, dentro de cada columna, no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha = 0.05$ ).

Secuencia de Análisis de varianza para la evaluación de la dinámica de longitud de raíz observada en la evaluación de los esquejes durante el periodo de propagación de materiales. Incluye los Anexos A11 hasta el A17.

**Anexo A11.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 0 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.000	0.000	0.000	0.000
Error	25	0.000	0.000		
Total	29	0.000			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A12.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 7 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	0.218	0.055	2.43	0.0740 <sup>ns</sup>
Error	25	0.561	0.022		
Total	29	0.780			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A13.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 14 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	33.071	8.268	33.90	<.0001*
Error	25	6.097	0.244		
Total	29	39.168			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A14.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 21 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	61.739	15.435	20.05	<.0001*
Error	25	19.248	0.767		
Total	29	80.987			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A15.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 28 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	29.875	7.469	18.39	<.0001*
Error	25	10.155	0.406		
Total	29	40.030			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A16.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 35 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	18.139	4.535	12.01	<.0001*
Error	25	9.440	0.378		
Total	29	27.579			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A17.** Análisis de varianza para longitud de raíz en esquejes de cinco especies ornamentales 42 ddt

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Tratamiento	4	16.295	4.074	9.62	<.0001*
Error	25	10.588	0.424		
Total	29	26.883			

Significancia con un  $\alpha= 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A18.** Longitud de raíz total en cinco especies ornamentales en pruebas de enraizamiento.

Tratamientos	0ddt	7ddt	14ddt	21ddt	28ddt	35ddt	42ddt
<i>Alternanthera ficoidea</i>	0.00 a	0.00 a	0.00 c	0.30 b	2.08 c	3.33 c	3.22 b
<i>Lysimachia nummularia</i>	0.00 a	0.22 a	2.63 b	3.57 a	3.92 b	3.75 bc	4.63 a
<i>Sedum moranense</i>	0.00 a	0.07 a	1.55 b	4.08 a	5.08 a	4.75 ab	4.93 a
<i>Oscularia deltoidea</i>	0.00 a	0.00 a	0.00 c	1.33 b	3.25 b	3.12 c	3.47 b
<i>Plectranthus forsteri</i>	0.00 a	0.00 a	0.22 c	3.17 a	4.15 ab	5.08 a	4.90 a
DMS	0.00	0.25	0.84	1.49	1.08	1.04	1.10

DMS: diferencia mínima significativa; ddt (días después del trasplante); medias con la misma letra, dentro de cada columna, no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ).

**Anexo A 19.** Análisis de varianza para sobrevivencia de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	372.222	74.444	1.40	0.3050 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	44.444	22.222	0.42	0.6702 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	533.333	53.333	0.75	0.6767 <sup>ns</sup>
Especie	2	344.444	172.222	2.41	0.1071 <sup>ns</sup>
Pnd-Especie	4	44.444	11.111	0.16	0.9590 <sup>ns</sup>
Error	30	2144.444	71.481		
Total	53	3483.333			

Significancia con un  $\alpha= 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

Secuencia de Análisis de varianza para la evaluación de la dinámica de cobertura realizada a partir de los 10 días después del trasplante (ddt) hasta los 171 ddt. Incluye los Anexos A20 hasta el A33.

**Anexo A 20.** Análisis de varianza para cobertura a los 10 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	2.851	0.570	1.75	0.2113 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	2.179	1.090	3.34	0.0774 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	3.261	0.326	0.52	0.8588 <sup>ns</sup>
Especie	2	29.661	14.830	23.87	<.0001*
Pnd-Especie	4	5.885	1.471	2.37	0.0750 <sup>ns</sup>
Error	30	18.638	0.621		
Total	53	62.475			

Significancia con un  $\alpha= 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 21.** Análisis de varianza para cobertura a los 17 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	14.164	2.833	3.12	0.0590*
Pendiente	2	9.903	4.952	5.46	0.0249*
Bloque-Pnd	10	9.066	0.907	0.58	0.8195 <sup>ns</sup>
Especie	2	2.413	1.207	0.77	0.4728 <sup>ns</sup>
Pnd-Especie	4	28.741	7.185	4.57	0.0053*
Error	30	47.138	1.571		
Total	53	111.425			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 22.** Análisis de varianza para cobertura a los 24 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	36.574	7.315	1.94	0.1750 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	10.800	5.400	1.43	0.2846 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	37.793	3.779	1.09	0.3996 <sup>ns</sup>
Especie	2	133.858	66.929	19.32	<.0001*
Pnd-Especie	4	102.422	25.605	7.39	0.0003*
Error	30	103.914	3.464		
Total	53	425.361			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 23.** Análisis de varianza para cobertura a los 31 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	78.758	15.752	2.88	0.0729 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	16.154	8.077	1.48	0.2746 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	54.755	5.476	0.90	0.5436 <sup>ns</sup>
Especie	2	388.664	194.332	31.99	<.0001*
Pnd-Especie	4	114.931	28.733	4.73	0.0044*
Error	30	182.218	6.074		
Total	53	835.480			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 24.** Análisis de varianza para cobertura a los 45 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	187.192	37.438	2.12	0.1455 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	18.430	9.215	0.52	0.6082 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	176.282	17.628	1.22	0.3181 <sup>ns</sup>
Especie	2	1571.894	785.947	54.41	<.0001*
Pnd-Especie	4	167.602	41.900	2.90	0.0384*
Error	30	433.383	14.446		
Total	53	2554.784			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 25.** Análisis de varianza para cobertura a los 59 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	457.382	91.476	5.05	0.0144*
Pendiente	2	19.359	9.679	0.53	0.6020 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	181.211	18.121	1.18	0.3436 <sup>ns</sup>
Especie	2	2226.890	1113.445	72.35	<.0001*
Pnd-Especie	4	216.709	54.177	3.52	0.0180*
Error	30	461.719	15.391		
Total	53	3563.271			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 26.** Análisis de varianza para cobertura a los 73 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	592.348	118.470	2.00	0.1647 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	100.599	50.300	0.85	0.4570 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	593.361	59.336	2.41	0.0305*
Especie	2	3583.911	1791.956	72.83	<.0001*
Pnd-Especie	4	255.253	63.813	2.59	0.0564*
Error	30	738.092	24.603		
Total	53	5863.565			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 27.** Análisis de varianza para cobertura a los 87 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	659.312	131.862	1.57	0.2544 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	35.856	17.928	0.21	0.8115 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	840.746	84.075	1.83	0.0975 <sup>ns</sup>
Especie	2	4311.403	2155.702	46.97	<.0001*
Pnd-Especie	4	356.267	89.067	1.94	0.1294 <sup>ns</sup>
Error	30	1376.750	45.892		
Total	53	7580.334			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 28.** Análisis de varianza para cobertura a los 101 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	428.440	85.688	0.74	0.6107 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	28.207	14.103	0.12	0.8866 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	1157.833	115.783	2.75	0.0157*
Especie	2	3872.934	1936.467	45.94	<.0001*
Pnd-Especie	4	268.746	67.187	1.59	0.2016 <sup>ns</sup>
Error	30	1264.474	42.149		
Total	53	7020.634			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 29.** Análisis de varianza para cobertura a los 115 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	358.763	71.753	0.45	0.8060 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	24.940	12.470	0.08	0.9257 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	1602.944	160.294	3.96	0.0016*
Especie	2	4260.257	2130.128	52.62	<.0001*
Pnd-Especie	4	427.660	106.915	2.64	0.0531*
Error	30	1214.332	40.478		
Total	53	7888.896			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 30.** Análisis de varianza para cobertura a los 129 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	439.710	87.942	0.43	0.8182 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	5.593	2.796	0.01	0.9864 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	2046.644	204.664	4.61	0.0005*
Especie	2	4386.011	3193.006	49.34	<.0001*
Pnd-Especie	4	451.424	112.856	2.54	0.0604*
Error	30	1333.290	44.443		
Total	53	8662.672			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 31.** Análisis de varianza para cobertura a los 143 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	581.373	116.275	0.42	0.8236 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	50.106	25.053	0.09	0.9139 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	2757.770	275.777	5.88	<.0001*
Especie	2	4247.375	2123.688	45.24	<.0001*
Pnd-Especie	4	679.343	169.836	3.62	0.0160*
Error	30	1408.132	46.938		
Total	53	9724.098			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 32.** Análisis de varianza para cobertura a los 157 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	747.735	149.547	0.42	0.8219 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	29.914	14.957	0.04	0.9586 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	3525.696	352.570	5.88	<.0001*
Especie	2	4847.519	2423.760	40.42	<.0001*
Pnd-Especie	4	835.033	208.758	3.48	0.0189*
Error	30	1798.743	59.958		
Total	53	11784.640			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 33.** Análisis de varianza para cobertura a los 171 ddt de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	1079.277	215.855	0.49	0.7769 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	15.850	7.925	0.02	0.9822 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	4405.393	440.540	6.44	<.0001*
Especie	2	5085.311	2542.656	37.16	<.0001*
Pnd-Especie	4	1260.266	315.066	4.60	0.0051*
Error	30	2052.706	68.423		
Total	53	13898.803			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 34.** Análisis de varianza para biomasa fresca parte aérea de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	2101.231	420.246	0.33	0.8864 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	3130.591	1565.296	1.21	0.3377 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	12909.893	1290.989	2.85	0.0128*
Especie	2	112115.370	56057.685	123.87	<.0001*
Pnd-Especie	4	1562.556	390.639	0.86	0.4972 <sup>ns</sup>
Error	30	13576.074	452.536		
Total	53	145395.715			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 35.** Análisis de varianza para biomasa fresca parte radical de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	8271.758	1654.352	1.57	0.2535 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	21237.564	10618.782	10.09	0.0040*
Bloque-Pnd	10	10523.578	1052.358	0.77	0.6585 <sup>ns</sup>
Especie	2	70284.868	35142.434	25.61	<.0001*
Pnd-Especie	4	20018.638	5004.659	3.65	0.0155*
Error	30	41162.934	1372.098		
Total	53	171499.340			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 36.** Análisis de varianza para biomasa fresca total de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	14383.702	2876.740	0.75	0.6063 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	34223.231	17111.616	4.44	0.0416*
Bloque-Pnd	10	38504.9689	3850.4969	2.18	0.0487*
Especie	2	156074.2878	78037.1439	44.14	<.0001*
Pnd-Especie	4	17174.8111	4293.7028	2.43	0.0695 <sup>ns</sup>
Error	30	53038.4344	1767.9478		
Total	53	313399.4350			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 37.** Análisis de varianza para volumen parte aérea de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	3531.944	706.389	0.49	0.7803 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	1108.333	554.167	0.38	0.6930 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	14563.889	1456.389	2.86	0.0125*
Especie	2	181736.111	90868.056	178.66	<.0001*
Pnd-Especie	4	188.889	47.222	0.09	0.9840 <sup>ns</sup>
Error	30	15258.333	15258.333		
Total	53	216387.500			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 38.** Análisis de varianza para volumen parte radical de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	12061.722	2412.344	1.56	0.2561 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	31576.333	15788.167	10.22	0.003*
Bloque-Pnd	10	15443.444	1544.344	0.74	0.6802 <sup>ns</sup>
Especie	2	96174.333	48087.167	23.11	<.0001*
Pnd-Especie	4	25895.333	6473.833	3.11	0.296 <sup>ns</sup>
Error	30	62433.667	2081.122		
Total	53	243584.833			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 39.** Análisis de varianza para biomasa seca parte aérea de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	73.322	14.664	1.20	0.3761 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	46.169	23.085	1.89	0.2017 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	122.336	12.234	3.46	0.0040*
Especie	2	815.261	407.630	115.42	<.0001*
Pnd-Especie	4	6.634	1.658	0.47	0.7576 <sup>ns</sup>
Error	30	105.955	3.532		
Total	53	1169.673			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 40.** Análisis de varianza para biomasa seca parte radical de tres especies ornamentales en paredes vivas

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	206.754	41.351	1.23	0.3637 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	583.211	291.606	8.67	0.0065*
Bloque-Pnd	10	336.153	33.615	0.64	0.7690 <sup>ns</sup>
Especie	2	1721.307	860.653	16.36	<.0001*
Pnd-Especie	4	461.466	115.366	2.19	0.0938 <sup>ns</sup>
Error	30	1578.498	52.6166		
Total	53	4887.389			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 41.** Análisis de varianza para biomasa seca total de tres especies ornamentales en paredes vivas.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	477.934	95.587	1.73	0.2147 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	926.061	463.030	8.39	0.0072*
Bloque-Pnd	10	551.567	55.157	0.79	0.6416 <sup>ns</sup>
Especie	2	2569.706	1284.853	18.32	<.0001*
Pnd-Especie	4	560.342	140.085	2.00	0.1204 <sup>ns</sup>
Error	30	2104.381	70.146		
Total	53	7189.989			

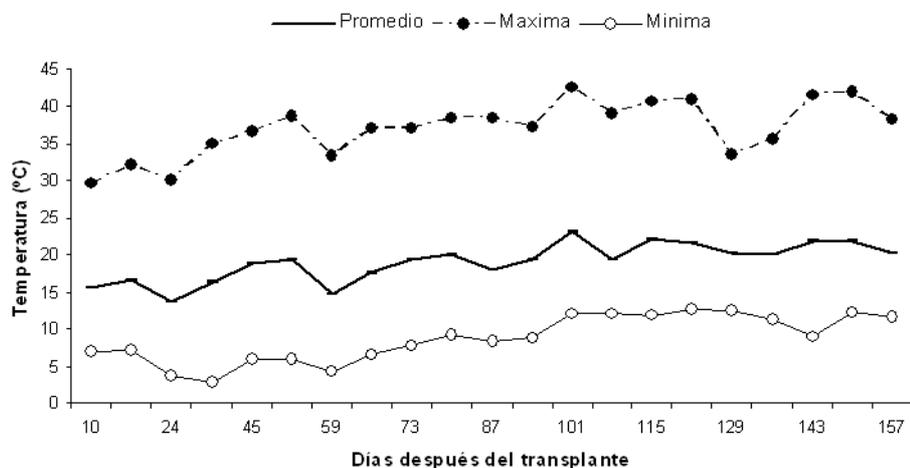
Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A 42.** Análisis de varianza para biomasa seca relación parte aérea/radical de tres especies ornamentales en paredes vivas.

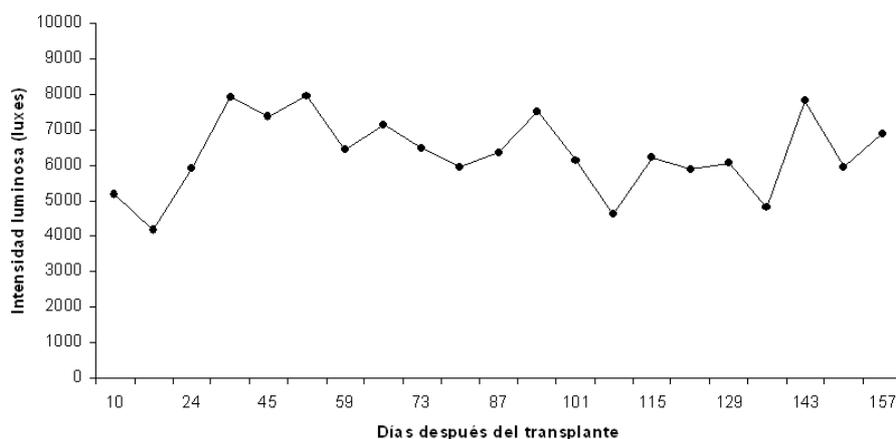
Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	5	0.245	0.049	0.28	0.9132 <sup>ns</sup>
Pendiente	2	0.810	0.405	2.32	0.1486 <sup>ns</sup>
Bloque-Pnd	10	1.744	0.174	1.62	0.1487 <sup>ns</sup>
Especie	2	6.857	3.429	31.84	<.0001*
Pnd-Especie	4	0.452	0.113	1.05	0.3987 <sup>ns</sup>
Error	30	3.230	0.108		
Total	53	13.338			

Significancia con un  $\alpha = 0.05$ ; no significativo (ns); diferencia significativa (\*).

**Anexo A.43** Temperatura promedio, máxima y mínima presentes durante el desarrollo de tres especies ornamentales en paredes vivas en condiciones de invernadero.



**Anexo A44.** Luminosidad promedio durante el desarrollo de tres especies ornamentales en paredes vivas en condiciones de invernadero



**Anexo A45.** Ecología de especies vegetales

**1) Nombre científico:** *Alternanthera ficoidea* (L.) Beauve.

Información tomada de:

<http://www.mobot.org/gardeninghelp/plantfinder/Plant.asp?code=A485>, Missouri Botanical Garden, 2007, 20 de Octubre de 2007.

<http://www.gardenguides.com/plants/info/flowers/annuals/alternanthera.asp>, Garden Guides, 2000, 20 de Octubre de 2007.

<http://es.gardening.eu/arc/plantas/Plantas-perennes/Alternanthera-ficoidea-L.-Beauv/2649/>, Gardening, 2007, 5 de Febrero de 2008.

**Familia:** Amaranthaceae

**Nombres comunes:** Mosaico, periquito, Joseph's coat, calico, copperleaf, bloodleaf, joyweed.

**Tipo de planta:** Herbácea perenne

**Características:** Son plantas de porte bajo con tallos erectos o procumbentes de 15 a 40 cm de alto, de crecimiento compacto, muy ramificada, follaje denso. Las hojas son elípticas a ovaladas puntiagudas, de color verde con manchas rojas, amarillas, naranjas, cafés, púrpuras o cobrizas. Pierden la parte aérea durante los meses más fríos del año. Tiene flores blancas, pequeñas.

**Usos:** Es usada como planta de jardín o para macetas. Su follaje es atractivo cuando las plantas se encuentran en grupo, se usan en paisajismo como macizos o en bordos.

**Cultivo:** Es una planta que se puede cultivar a pleno sol o en sombra ligera, prefiere temperaturas cálidas. Requiere suelos ricos en materia orgánica, con buen drenaje y riegos frecuentes pero no en exceso.

Se propaga por semillas o propagación vegetativa por esquejes de brotes jóvenes.

**2) Nombre científico:** *Sedum moranense*

Información tomada de:

[http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/crassulaceae/sedum\\_moranense/fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/crassulaceae/sedum_moranense/fichas/ficha.htm)

Vibrans, H. (ed.). 25 de abril de 2007., Malezas de México. 19 de octubre de 2007.

(Stephenson, 1994; VanWoert *et al.*, 2005)

**Familia:** Crassulaceae

**Nombre común:** Cardoncillo, chisme, jaspalache, xalache, red stonecrop.

**Tipo de planta:** Herbácea perenne, extendida sobre el suelo o colgante.

**Características:** Tamaño de 20cm de largo, tallo muy ramificado, color café o gris rojizo, la planta se extiende sobre el suelo o es colgante. Hojas muy abundantes, muy gruesas, carnosas, ovadas, de hasta 3mm. Las inflorescencias son pequeños grupos de flores sésiles o cortamente pediceladas. Las flores son blancas y a veces teñidas de rojo hacia el ápice de los pétalos y en la cara posterior sobre la línea media.

**Usos:** Se cultiva como ornamental en muchos huertos familiares y de manera comercial. El género *Sedum* ofrece amplias posibilidades no superadas por otras plantas en las condiciones climáticas para la nitrificación de azoteas. Históricamente, han sido las plantas comúnmente usadas debido a, la selección apropiada de la especie, son tolerantes de temperaturas extremas, de fuertes vientos, de fertilidad baja, y de un abastecimiento de agua limitado.

**Cultivo:** Son plantas fáciles de cultivar y requieren mantenimiento mínimo, si se encuentran en contenedores pueden dejar de ser atendidos, incluso por años, sin que se presenten daños. Pueden desarrollarse sobre rocas, peñas, taludes de carreteras, bardas rústicas y de mampostería.

Para su cultivo, preferentemente, se usan suelos con buen drenaje, aunque pueden sobrevivir sin riegos por un mes, pero esto favorece la formación de raíces en los tallos. En general, es más probable que las plantas sufran daños por exceso de humedad que por sequía, se recomienda realizar un riego a la semana. Pueden crecer en casi cualquier medio y en ocasiones sin suelo. Para las plantas en contenedor crezcan se recomienda la aplicación de fertilizante bajo en nitrógeno de lenta liberación.

Son plantas fáciles de propagar, en ocasiones basta con que alguna rama toque el sustrato para formar raíces y tener una planta nueva. Debido a que la propagación vegetativa por esquejes es sencilla, pocas veces se emplea la propagación por semillas.

### **3) Nombre científico:** *Lysimachia nummularia*

Información tomada de:

<http://plants.usda.gov>, USDA, NRCS. 2007. The PLANTS Database. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. 12 November 2007.

<http://www.infojardin.com>, Morales, J. 2007. Infojardin, 22 de Octubre de 2007.

[http://www.urbanext.uiuc.edu/groundcovers\\_sp/credits.cfm](http://www.urbanext.uiuc.edu/groundcovers_sp/credits.cfm), Stack, G. 2005, Desde el suelo hacia arriba: cubiertas vegetales para conocer y utilizar. Extensión de la Universidad de Illinois., 19 de Octubre de 2007.

(Richardson, 1991)

**Familia:** Primulaceae

**Nombre común:** Hierba de la moneda, monetaria, euro, planta de la moneda, creeping Jeny.

**Tipo de planta:** Perenne, rastrera de 10 a 50 cm de largo y ramificada.

**Características:** La planta forma rápidamente un denso tapiz, gracias a sus tallos postrados capaces de enraizar, hojas opuestas, enteras, glabras, ovales y ligeramente pecioladas; flores de 1 cm de diámetro color amarillo, aparecen solitarias o por pares en las axilas foliares.

**Usos:** Para cubrir taludes y laderas, adornar muros y se pueden sembrar en jardines rocosos como tapizante y en orillas de cuerpos de agua

**Cultivo:** Puede crecer en condiciones de media sombra a sombra completa. Requiere riego frecuente y abundante. Se propaga por semillas, esquejes y división de planta. Estas plantas manifiestan un período de reposo vegetativo, durante el cual no es necesario regarlas. Es recomendable establecerlas en suelos ricos en materia orgánica, muy húmedos, incluso anegados.

**4) Nombre científico:** *Plectranthus forsteri* 'Aureus variegatus'

Información tomada de:

<http://www.plantsafari.com/Catalog2/Detail/00961.html>, 2005, Plant Safari, 28 de Enero del 2008.

<http://www.planthogar.net/encyclopedia/view.asp?id=59>, Planthogar, 5 de Febrero de 2008.

[http://plantencyclo.free.fr/sp/ft\\_plectranthus\\_gg.html](http://plantencyclo.free.fr/sp/ft_plectranthus_gg.html), Plantencyclo, 5 de Febrero de 2008.

**Familia:** Lamiaceae

**Nombre común:** Malva de adorno

**Tipo de planta:** Herbácea perenne

**Características:** 0.25-0.50m de altura; follaje verde o verde variegado de blanco o verde con envés rojo, forma matas su crecimiento es postrado e invasor, floración invernal color violeta y de aroma agradable

**Usos:** como tapizante de sombra o semisombra en su zona de rusticidad, en interiores para macetas en suspensión.

**Cultivo:** cultivada tanto por las flores como por el follaje, multiplicación por esqueje en agua, semilla, o división de mata, sustrato humífero, drenado y fresco

**5) Nombre científico:** *Oscularia deltoides* (L.) Schawant

Información tomada de:

<http://fichas.infojardin.com/crasas/oscularia-deltoides.htm>, Infojardín, 12 de Octubre de 2007.

<http://es.gardening.eu/plantas/Plantas-suculentas/Oscularia-deltoides/2869/>, Gardening, 12 de Octubre de 2007.

[http://florawww.eeb.uconn.edu/acc\\_num/198502790.html](http://florawww.eeb.uconn.edu/acc_num/198502790.html), DeRemate.com., 2006. 12 de octubre de 2007.

**Familia:** Aizoaceae

**Nombre común:** Oscularia

**Tipo de planta:** Semiabustiva que forma matorrales, planta suculenta.

**Características:** Tiene hojas con un característico color azulado, se adorna en primavera de flores rosadas, tiene un desarrollo tapizante con tendencia a ensancharse mucho, los ejemplares adultos son de talla pequeña y alcanzan los 15 cm de grandeza.

**Usos:** Excelente planta cubridora por su rápida propagación, ideal para el jardín.

**Cultivo:** Tolera perfectamente el cultivo al aire libre, con la condición de estar soleada y tener un drenaje adecuado, se aconseja regar solo cuando el terreno está bien seco desde algunos días, evitar exponerlas a las lluvias, la invernada se hace en maceta sin riego, la reproducción es por semilla o esquejes, es muy fácil de propagar por esquejes de tallos, los cuales se entierran y arraigan con mucha facilidad.