



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE JARDÍN VERTICAL
PARA MEJORAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN AMBIENTES
CERRADOS.**

Autor: JAVIER ISRAEL TANDAZO CALDERON

Director: Ing. MARIO CABRERA VALLEJO

Riobamba – Ecuador

AÑO

2015

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación del título:
**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE JARDÍN VERTICAL PARA
MEJORAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN AMBIENTES CERRADOS.**

Presentado por: **JAVIER ISRAEL TANDAZO CALDERON**

y dirigido por: **Ing. MARIO CABRERA VALLEJO**

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:



Ing. Patricia Andrade.
Presidenta del tribunal.



Ing. Mario Cabrera.
Director del proyecto.



Ing. Carlos Bejarano.
Miembro del tribunal.

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Javier Israel Tandazo Calderón y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.


060 490386-41

AGRADECIMIENTO

Yo, Javier Israel Tandazo Calderón agradezco, a la Universidad Nacional de Chimborazo a la Facultad de Ingeniería y en particular a la carrera de Ingeniería Ambiental que me brindaron la oportunidad de adquirir los conocimientos para formarme como profesional responsable y capaz, competitivo para atribuir en el desarrollo de resolver los problemas de nuestro país.

Al Ingeniero Mario Cabrera director del proyecto de Investigación por brindarme la oportunidad el apoyo incondicional durante la realización de la tesis.

Agradezco a los miembros del tribunal de tesis por brindarme su tan valioso tiempo, por su excelente orientación, dirección y todos los consejos que me permitieron alcanzar los objetivos de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico, a Dios parte fundamental de mi vida y amigo incondicional que me guía cada paso de mi vida, a mis padres: Tandazo Agila Solano Víctor y Olga Inés Calderón.

A mis hermanos: Quienes a pesar de las dificultades de la vida siempre se han preocupado por mi bienestar.

A mis abuelitos: Aida Guevara y Armando Calderón que me enseñaron que hay que vencer los obstáculos que se presentan en nuestras vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICES DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.....	xvii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xx
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxiv
RESUMEN.....	xxv
SUMARY	xxvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Análisis del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.6 Antecedentes.....	6
17 Fundamento teórico.....	8
1.7.1 Concepto de Jardín Vertical.....	8
1.7.2 Tipos de jardines verticales.....	9
1.7.2.2 Jardines verticales pasivos.....	9
1.7.2.3 Jardines verticales activos.....	9
1.8 Elementos de un Jardín Vertical	10

1.9	Sistemas de jardines verticales.....	11
1.9.1	Jardines verticales hidropónicos.....	11
1.9.2	Jardines verticales con sustrato.	11
1.10	Características que permiten realizar una clasificación más pormenorizada de los sistemas.....	11
1.11	Dificultad de plantar en vertical.	12
1.12	Agrupación por tipos de los sistemas de jardinería vertical.	14
1.12.1	Sistema de fieltro no tejido.	14
1.12.2	Sphagnum.	14
1.12.3	Sistemas plug-in.....	15
1.12.4	Sistemas de paneles contenedores de sustrato.	15
1.12.5	Sistemas de celdas de sustrato.....	16
1.12.6	Sistemas de paneles de sustrato hidropónico.....	16
1.12.7	Sistemas de especies específicas.	16
1.13.1	Mezcla Sunshine mix no. 3.	16
1.13.1.1	Presentación.....	17
1.13.1.2	Ingredientes.....	17
1.13.1.3	Información Básica del Producto.....	17
1.13.1.4	Formulación del fertilizante.	17
1.14	Plantas para jardines verticales.....	18
1.14.1	Tipos de plantas para jardines verticales.....	18
1.14.2	Especies vegetales que absorben contaminantes.	18
15.	Descripción de la Hiedra (Hedera helix).....	21
1.15.1	Descripción Botánica.....	21
1.16	Descripción de la Nephrolepis exaltada	22

1.17	Descripción Sansevieria trifasciata.....	23
1.18	Descripción de la chlorophytum comosum.	24
1.19	Ambiente interior.	25
1.20	Calidad del ambiente interior.	25
1.21	Confort térmico.	26
1.22	Intercambio de calor entre el hombre y el medio ambiente.	26
1.22.1	La regulación de la temperatura corporal.	26
1.22.2	Efectos para la salud.	26
1.23	Índices de calor ambiental.....	27
1.23.1	Ventilación.	27
1.23.2	Tipos de ventilación.....	28
1.23.3	Climatización en los Centros de Trabajo.....	29
1.23.3.1	Convección.	29
1.23.3.2	Tipos de convección.....	30
1.24	Las Condiciones Ambientales.	31
1.25	Medida de las magnitudes ambientales.....	31

CAPÍTULO II

2	METODOLOGÍA.	35
2.1	Tipo de estudio.	35
2.2	Lugar experimental.	35
2.3	Población y Muestra.....	35
2.3.1	Población.	35
2.2.2	Muestra.	35
2.3	Operacionalización de variables.	36
2.4	PROCEDIMIENTO.....	37

2.4.1	Determinación de la asociación de plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales	37
2.4.1.1	Asociación de las plantas y de una sola planta en el prototipo de jardín vertical.	37
2.4.1.2	Diseño y construcción del prototipo de jardín vertical.	38
2.4.1.3	Trasplante de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical.	40
2.4.1.4	Diseño y construcción de cabinas de ensayos para la experimentación.	41
2.4.1.5	Datos a registrarse de las plantas del prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación de plantas.	42
2.4.2	Realización de la selección del sustrato para controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical.	42
2.4.3	Procedimiento de la medición de las condiciones ambientales como: la Temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y del globo, humedad y velocidad del aire en las cabinas de ensayo con el prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada.	43
2.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	45
2.5.1	Procesamiento para el número de plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical helechos.	45
2.5.2	Procesamiento para el número de plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas vegetales.	45
2.5.3	Procesamiento de los datos registrados de la altura de la plantas de las bandejas del prototipo de jardín vertical de helechos.	45
2.5.4	Procesamiento de los datos registrados de la altura de la plantas de las	

bandejas del prototipo de jardín vertical con plantas asociadas.	46
2.5.5 Procesamiento de las muestras de la selección del sustrato para controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical.	49
2.5.6 Procesamiento de la medición de las condiciones ambientales como: la temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y del globo, humedad y velocidad del aire en las cabinas de ensayo con prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada.	50
2.5.6.1 Procesamiento de las condiciones ambientales en las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de helechos (<i>Nephrolepis exaltada</i>) en convección natural.	50
2.5.6.2 Procesamiento de las condiciones ambientales sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.	52
2.5.6.3 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada. ..	54
2.5.6.4 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzado.	56
2.5.6.5 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.	57
2.5.6.6 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos sin el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas, en convección natural.	59
2.5.6.7 Procesamiento de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.	61

2.5.6.8 Procesamiento de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo sin el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada. 63

2.5.6.9 Procesamiento y análisis de la hipótesis. 65

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS..... 89

3.1 Determinación de la asociación de plantas para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales. 89

3.1.1 Los resultados del jardín vertical de helechos (Nephrolepis exaltada). 89

3.1.2 Los resultados de la asociación de plantas. 89

3.1.3 Resultados de los registros de la altura de las ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical con helechos. 89

3.1.4 Resultados de los registros del número de ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical de helechos. 90

3.1.5 Resultados de la altura de las ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas. 91

3.1.6 Resultados del número de ramas y hojas de las plantas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas. 95

3.2 Resultados de los análisis de laboratorio de los sustratos. 100

3.3 Resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural en las cabinas de ensayo. 104

3.4 Resultado del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada. . 107

3.5 Resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en

convección natural.....	111
3.5 Resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de la asociación de plantas en convección forzada.	113
3.6 Resultados de la comparación de los valores de los promedios semanales de las condiciones ambientales en convección natural y forzada de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de helechos con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).....	117
3.7 Resultados de la comparación de los valores de los promedios semanales de las condiciones ambientales en convección natural y forzada de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).....	119
CAPÍTULO IV	
DISCUSIÓN.....	121
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
CAPÍTULO VI	
PROPUESTA.....	128
6.1 Título de la propuesta.	128
6.2 Introducción.....	128
6.3 Objetivos.	129
6.3.1 Objetivo General.	129
6.3.2 Objetivos Específicos.....	129

6.4	Fundamento Científico- Técnico.....	129
6.5	Descripción de la propuesta.	136
6.6	Diseño organizacional	136
8.7.	Monitoreo y evaluación.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	138
	ANEXOS	142

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1:	Especies vegetales que absorben contaminantes.....	19
Tabla 2:	Tipos de ventilación y sus diferentes utilidades.....	29
Tabla 3:	Las variables se operacionalizarón en función de su categoría.....	36
Tabla 4:	Registro de la altura de los helechos <i>Nephrolepis exaltata</i> dado en centímetros (cm).....	45
Tabla 5:	Registro del número de ramas de los helechos <i>Nephrolepis exaltata</i>	46
Tabla 6:	Registro de datos de la altura de los helechos <i>Nephrolepis exaltata</i> dado en centímetro (cm).....	47
Tabla7:	Registro de datos del número ramas de los helechos <i>Nephrolepis exaltata</i>	47
Tabla 8:	Registro de datos de la altura de la hiedra (<i>Hedera helix</i>) dado en centímetros (cm).....	47
Tabla 9:	Registro de datos del número de hojas de la hiedra (<i>Hedera helix</i>)	48
Tabla 10:	Registro de datos de la altura de las Cintas (<i>Chlorophytum comosum</i>) dado en centímetros (cm).....	48
Tabla 11:	Registro de datos del número hojas de las Cintas (<i>Chlorophytum comosum</i>).....	48
Tabla 12:	Registro de datos de la altura de la Espada de San Jorge (<i>Sansevieria trifasciata</i>) dado en centímetros (cm).....	49
Tabla 13:	Registro de datos de la altura de la Espada de San Jorge (<i>Sansevieria trifasciata</i>) dado en centímetros (cm).....	49
Tabla 14:	Registro de la temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo	50

de jardín vertical de helechos en convección natural.....	
Tabla 15: Registro de la Temperatura del bulbo Seco ($T_{bs}^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	50
Tabla 16: Registro de la Temperatura del globo ($T_b^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	51
Tabla 17: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	51
Tabla 18: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	52
Tabla 19: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo ($T_{bh}^{\circ C}$) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	52
Tabla 20: Registro de la Temperatura del bulbo seco ($T_{bs}^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	53
Tabla 21: Registro de la Temperatura del globo ($T_b^{\circ C}$) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	53
Tabla 22: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	53
Tabla 23: Registro de la Velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	53
Tabla 24: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo ($T_{bh}^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	54
Tabla 25: Registro de la Temperatura del bulbo seco ($T_{bs}^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	54
Tabla 26: Registro de la Temperatura del globo ($T_g^{\circ C}$) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	54

Tabla 27: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	55
Tabla 28: Registro de la velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	55
Tabla 29: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	56
Tabla 30: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	56
Tabla 31: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	56
Tabla 32: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	57
Tabla 33: Registro de la velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	57
Tabla 34: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	58
Tabla 35: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	58
Tabla 36: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	58
Tabla 37: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	59
Tabla 38: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	59

Tabla 39: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo ($T_{bh}^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	60
Tabla 40: Registro de la Temperatura del bulbo seco ($T_{bs}^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	60
Tabla 41: Registro de la Temperatura del Globo ($T_g^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	60
Tabla 42: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	61
Tabla 43: Registro de la Velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.....	61
Tabla 44: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo ($T_{bh}^{\circ}\text{C}$) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	62
Tabla 45: Registro de la Temperatura del bulbo seco ($T_{bs}^{\circ}\text{C}$) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	62
Tabla 46: Registro de la Temperatura del globo ($T_g^{\circ}\text{C}$) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	62
Tabla 47: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	63
Tabla 48: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	63
Tabla 49: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo ($T_{bh}^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	63
Tabla 50: Registro de la Temperatura del bulbo seco ($T_{bs}^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.....	64
Tabla 51: Registro de la Temperatura del globo ($T_g^{\circ}\text{C}$) sin el prototipo de jardín	64

vertical en asociación de plantas en convección forzada.....

Tabla 52: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) sin el prototipo de
jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada..... 64

Tabla 53: Registro de la velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín
vertical de asociación de plantas en convección forzada..... 65

ÍNDICES DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.

Figura 1: Distribución de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de los helechos.....	39
Figura 2 Diseño de las bandejas del prototipo de jardín vertical con asociación de plantas.....	39
Figura 3: Altura de los helechos <i>Nephrolepis exaltada</i>	90
Figura 4: Número de ramas del <i>Nephrolepis exaltada</i>	91
Figura 5: Altura de los helechos (<i>Nephrolepis exaltada</i>).....	92
Figura 6: Altura de las hiedras (<i>Hedera helix</i>).....	93
Figura 7: Altura de la Cinta (<i>Chlorophytum comosum</i>).....	94
Figura 8: Altura de la Espada de San Jorge (<i>Sansevieria trifasciata</i>).....	95
Figura 9: Número de ramas de los Helecho (<i>Nephrolepis exaltada</i>).....	96
Figura 10: Número de ramas de las hiedras (<i>Hedera helix</i>).....	97
Figura 11: Número de hojas de las Cintas (<i>Chlorophytum comosum</i>).....	98
Figura 12: Número de hojas de la Espada de San Jorge (<i>Sansevieria trifasciata</i>)	99
Figura 13: pH de los diferentes sustratos.....	100
Figura 14: Porcentaje de Humedad sustratos.....	101
Figura 15: Densidad Aparente de los sustratos.....	101
Figura 16: Temperatura de los sustratos.....	102
Figura 17: Nitrógeno de los sustratos.....	102
Figura18: Fosforo de los sustratos.....	103

Figura 19: Potasio de los sustratos.....	103
Figura 20: Materia Orgánica de los sustratos.....	104
Figura 21: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	105
Figura 22: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	105
Figura 23: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	106
Figura 24: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	107
Figura 25: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	108
Figura 26: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	108
Figura27: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	109
Figura28: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	110
Figura 29: Promedios de la velocidad del viento sin y con prototipo de jardín vertical de Helechos en convección forzada.....	110
Figura 30: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.....	111
Figura 31: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.....	112

Figura 32: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.....	112
Figura 33: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.....	113
Figura 34: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.....	114
Figura 35: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.....	114
Figura 36: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.....	115
Figura 37: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.....	116
Figura 38: Promedios de la velocidad del viento sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.....	116
Figura 39: Sistema F+P.....	130
Figura 40: Sistema leaf.box.....	131
Figura 41: Sistema eco.bin.....	132
Figura 42: Sistema Nébula.....	132
Figura 43: Aire acondicionado vegetal.....	133

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.....	65
Cuadro 2:	Comparaciones de promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.....	67
Cuadro 3:	Comparación de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.....	68
Cuadro 4:	Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.....	69
Cuadro 5:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.....	71
Cuadro 6:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.....	72
Cuadro 7:	Comparaciones de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.....	73
Cuadro 8:	Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.....	75

Cuadro 9:	Comparación de los promedios de la velocidad del viento de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.....	76
Cuadro10:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	77
Cuadro11:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	78
Cuadro 12:	Comparación de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	80
Cuadro 13:	Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.....	81
Cuadro 14:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	82
Cuadro 15:	Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	84
Cuadro 16:	Comparación de los promedios de la temperatura globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	85
Cuadro 17:	Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	86

Cuadro 18: Comparación de los promedios de la velocidad del viento de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.....	87
Cuadro 19: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393)	117
Cuadro 20: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).....	118
Cuadro 21: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).....	119
Cuadro 22: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzado con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).....	120

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1: Diseño de la estructura de los prototipos de jardín vertical.....	38
Fotografía 2: Diseño de las bandejas del prototipo de jardín vertical.....	38
Fotografía 3: Bandejas cubiertas con plástico de polietileno.....	40
Fotografía 4: Trasplantación de las plantas en los prototipos de jardín vertical.....	41
Fotografía 5: Construcción de las paredes y colocación de techos, puertas, ventanas y pintura de las cabinas para el jardín vertical.....	41
Fotografía6: Sustrato Sunshine mix 3.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1:	Construcción de las cabinas y de los prototipos de jardín vertical y trasplatación de las plantas.....	143
ANEXO 2:	Resultados de los análisis de Laboratorio de Servicios Ambientales de las diferentes muestras de sustratos.....	147
ANEXO 3:	Ficha de registro de datos de altura y número de ramas del prototipo de jardín vertical de <i>Nephrolepis exaltata</i>	49
ANEXO 4:	Ficha de registros de datos del número de ramas, hojas y altura de las plantas del jardín vertical con plantas asociadas.....	150
ANEXO 5:	Ficha de registros de datos de las condiciones Ambientales.....	153
ANEXO 6:	Datos de los promedios diarios del prototipo de jardín vertical de helechos (<i>Nephrolepis exaltata</i>) en convección natural.....	155
ANEXO 7:	Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales del prototipo de jardín vertical de helechos (<i>Nephrolepis exaltata</i>) en convección forzada.....	155
ANEXO 8:	Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en las cabinas en convección natural.....	157
ANEXO 9:	Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en las cabinas en convección forzada.....	159
ANEXO10:	Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.....	161

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados a través de la Implantación de dos prototipos de jardines verticales, uno conformado por helechos y otro por una asociación de plantas dentro de las cabinas de ensayos, construidas de cemento armado de las mismas características para realizar las pruebas con y sin jardín vertical en la experimentación. Para la determinación de las plantas se tomó como referencia los vegetales estudiados y recomendados por la NASA, que purifican el aire de interiores.

La asociación de plantas se determinó de acuerdo al comportamiento significativo en la altura y número de ramas a los 10,25 y 40 días después del trasplante con el primer prototipo de jardín vertical de helechos (*Nephrolepis exaltata*), en el segundo prototipo se realizó la asociación de plantas de cuatro especies como son: Helechos (*Nephrolepis exaltata*), Cintas(*Chlorophytum comosum*), Hiedra (*Hedera hélix*) y Espada de San Jorge (*Sansevieria trifasciata*), teniendo un comportamiento significativo en el número de ramas y hojas.

Se analizó cuatro sustratos como son: El sustrato orgánico comercial (Borita), sustrato Sunshine mix 3, suelo común y Fibra de coco se envió al Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH) para analizar el pH, Porcentaje de humedad, Densidad Aparente, Temperatura, Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Materia orgánica, seleccionando al sustrato como el más adecuado al sustrato Sunshine mix3 por tener un porcentaje de humedad, Nitrógeno, Fosforo y Potasio más alto.

Se realizó el registro de las condiciones ambientales como: Temperatura del bulbo húmedo y Temperatura del bulbo seco, Temperatura del globo, El porcentaje de humedad relativa y la velocidad del viento en convección natural y forzados para los dos prototipos de jardines verticales, en donde se analizó los promedios diarios de cada variable de las condiciones ambientales resultando diferencias significativas.

SUMARY



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE IDIOMAS



Lic.: Maritza Larrea

Riobamba 08 del 2015

SUMMARY

This work has like aim improve environmental conditions in enclosed environments through the implementation of two prototypes of vertical gardens, one made up of ferns and other partnership plants they will be built of reinforced concrete of the same features for testing with and without vertical garden in experimentation. To determine the type of plants it was taken as reference plants studied and recommended by NASA, which purify indoor air.

The association of plants was determined according to the significant behavior in the height and the number of branches then to 10, 25 and 40 days of transplantation with the first prototype of vertical garden fern (*Nephrolepis exaltata*), in the second prototype was made the plant association with four species such as: Ferns (*Nephrolepis exaltata*) Cintas /Lazo de amor (*Chlorophytum comosum*), Ivy (*Hedera helix*) and Sword of San Jorge (*Sansevieria*), having a significant behavior in the number of branches and leaves.

Four substrates were analyzed: The commercial organic substrate (Borita) substrate Sunshine mix 3, common ground coconut fiber; they were sent to the Laboratory of Environmental Services (UNACH) to analyze pH, humidity percent, bulk density, temperature, nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter, selecting the most suitable substrate and the substrate Sunshine mix3 to have humidity, nitrogen, phosphorus and high potassium.

the environmental conditions were recorded such as: wet bulb temperature and dry bulb temperature, globe temperature, the percentage of relative humidity and wind speed on natural convection and forced to the two prototypes of vertical gardens, where analyzed daily averages of each variable environmental conditions resulting significant differences.


CENTRO DE IDIOMAS

COORDINACIÓN

INTRODUCCIÓN

Los jardines verticales surgen como un nuevo concepto que reverdece paredes y azoteas, maximizando el uso del bien más escaso en la ciudad que es el espacio. Algunos países como Alemania y Francia han valorado muy positivamente el diseño y creación de jardines verticales ya que no sólo otorgan un valor estético, sino que añaden una multitud de ventajas en las condiciones ambientales.

El jardín vertical consiste en tapizar muros y tejados con plantas que crecen sin ningún tipo de suelo, una de las características más destacables de los jardines verticales es la ligereza de su peso, así como su óptima instalación en el exterior de edificios, incluso sometándose a diferentes climas.

De la mano de los jardines verticales, se confeccionan superficies vegetales que sirven de filtros de aire y reguladores térmicos, reduciendo hasta 8 grados la temperatura exterior y hasta 10 decibelios la contaminación acústica. No obstante cabe señalar que el diseño de jardines verticales así como la naturación de azoteas es un trabajo desarrollado desde hace años, ofreciendo múltiples beneficios medioambientales a las ciudades [32].

Teniendo como punto de vista de John F. Pile (1988) se estima el promedio de la cantidad de horas que las personas pasan en un interior, el mismo ocuparía el 9% del tiempo del día, para destinar solo un 10% al tiempo que se pasa en el exterior; existe una preferencia por estar en contacto con la naturaleza, la vida ocurre mayormente dentro de los edificios. Con esta gran aportación del autor me permito dar una gran importancia del diseño interior innovador, mediante la implementación de los jardines vertical se pueda incorporar ese 10% de espacio exterior al 90% del tiempo que ocupamos dentro de un lugar [14].

En la actualidad se admite ambientes que no disponen de ventilación natural y artefactos eléctricos de aire acondicionados en ambientes de trabajos cerrados que ocasionan malestar con las bajas y elevadas temperaturas y humedad. No se conoce con exactitud la magnitud de los daños que pueden representar para la salud de los trabajadores en ambientes cerrados.

La presente investigación estuvo orientada a la implantación de un prototipo de jardín vertical que ayude a mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados utilizando especies vegetales que fueron estudiadas por la NASA para la purificación del aire para interiores de edificios donde se desarrolló en el barrio Santa Teresita del Cantón Guano.

Los objetivos para el desarrollo de la investigación fue la determinación de la asociación de las plantas para el prototipo de jardín vertical, la realización de la selección de sustrato que permita controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical y finalmente la medición de las condiciones ambientales como: Temperatura, Humedad y Velocidad del viento en las cabinas de ensayo con el prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada que permiten verificar el cumplimiento de las hipótesis planteada que fue “La implementación del prototipo de jardín vertical que permitirá mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados”, para la cual se presentan los resultados como fuente de comprobación para el adecuado cumplimiento de la hipótesis.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La problemática en nuestro país son las condiciones del ambiente de trabajo en las diferentes actividades que se realizan: en industrias, oficinas, e instituciones educativas y laboratorios con referente a la temperatura, velocidad del aire, y humedad que son causantes del mal desenvolvimiento de los empleados que laboran en estas instituciones mencionadas, ninguna investigación se ha profundizado en el tema con investigaciones para solucionar este problema.

Además surgen otros problemas en diferentes provincias, ya que la variación de las condiciones ambientales son muy variables, por este motivo se consume mucha energía en artefactos electrónicos de aire acondicionado y ventilación para el desenvolvimiento laboral en los diferentes trabajados.

Existen varios desarrollos tecnológicos como son los climatizadores electrónicos que consumen gran cantidad de electricidad, en el presupuesto de las instituciones el rubro por costo de energía es elevado, en el mundo existen varios modelos de climatizadores electrónicos convencionales que no garantizan un acondicionamiento adecuado del lugar del trabajo.

En los diferentes lugares de trabajo que el empleado labora existe mal estar de las condiciones ambientales causando enfermedades físicas y mentales en el personal por las condiciones elevadas de temperaturas y con un aire contaminado por los diferentes contaminantes que se encuentran en ambientes cerrados dentro de una actividad de trabajo.

Mediante la implementación de un prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación de plantas se tratara de mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados.

1.1 Análisis del problema.

Los ambientes cerrados tienen diferentes condiciones ambientales causando daños perjudiciales para la salud de la persona para su realización de su trabajo cotidiano, por lo tanto con la implementación de un jardín vertical de helechos y asociación de plantas se tratará de mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados del trabajador.

La implementación del jardín vertical será con especies idóneas que purifican el aire y su ubicación correcta que ayuden a mejorar las condiciones ambientales dentro de la cabina de ensayo que tenga las mismas condiciones de un lugar de trabajo cerrado, se tomara mediciones con los equipos de la temperatura, velocidad del aire y humedad en donde se visualizara las diferentes variaciones de las condiciones con implementación del jardín vertical y sin jardín vertical.

1.2 Formulación del problema.

¿En qué manera la implementación de un prototipo de jardín vertical de asociación de plantas permite mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados?

1.3 Objetivos.

1.3.1 General.

Implementar un prototipo de jardín vertical que permita mejorar las condiciones ambientales en ambientes cerrados.

1.3.2 Específicos.

- Determinar la asociación de las plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales.
- Realizar la selección de sustrato que permita controlar la humedad de las plantas en el prototipo del jardín vertical.

- Medir las condiciones ambientales como temperatura, humedad y velocidad del viento en las cabinas de ensayo con el prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada para su análisis de los promedios diarios de los datos obtenidos.

1.4 Hipótesis.

Hipótesis general.

La implementación de un prototipo de jardín vertical de asociación de plantas y de una sola planta permitirá cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada.

1.5 Justificación.

El presente proyecto se realiza principalmente porque es viable porque se cuenta con los recursos humanos, equipos y materiales para hacerlo, así como con el tiempo y acceso a recursos documentales y materiales.

Se trata de un proyecto original, ya que existe vacío sobre el tema y aporta con un novedoso enfoque en esta área del conocimiento, sobre las Condiciones ambientales de un entorno laboral adecuadas para el trabajador y así también reducir el consumo de energías que causan el deterioro del ambiente por esto razón se implementara un prototipo jardín vertical de helechos y de asociación de plantas para obtener condiciones climáticos favorables como es la temperatura del bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco temperatura del globo, humedad relativa y velocidad del aire en ambientes cerrados. También se lo realiza por interés personal, ya que tengo conocimientos previos en el tema, porque se desea hacer una aportación al conocimiento al bioclimatismo sin dejar considerar el aspecto social y ambiental.

Las aportaciones de este trabajo al campo del conocimiento de los jardines verticales que se implementara un prototipo de las mismas para relacionar las condiciones ambientales para el desempeño del trabajador, con el fin de evaluar el comportamiento y definir también el grado de adaptabilidad de las personas que laboran en ambientes cerrados .Por lo tanto

esta investigación se podrá implementar como aportes a los reglamentos de seguridad del trabajador en las instituciones públicas y privadas.

1.6 Antecedentes.

La jardinería vertical constituye una nueva corriente dentro de la jardinería, que se presenta como una alternativa a los sistemas de ajardinamiento y construcciones tradicionales, básicamente consiste en el diseño y construcción de superficies ajardinadas en un plano vertical. El desarrollo de vegetación sobre las edificaciones es una práctica habitual desde hace muchos siglos y en distintos lugares del planeta. Además de los conocidos tejados verdes siempre ha sido frecuente encontrar plantas creciendo sobre las fachadas de los edificios, tanto plantadas en el suelo, como plantadas en macetas, colgando en balcones y ventanas. Resulta evidente la poderosa influencia que aún ejercen en nuestra imaginación los famosos jardines colgantes de Babilonia (600 A.C.). Los objetivos para el establecimiento de la vegetación en las paredes de las edificaciones han sido variados: desde los estéticos, pasando por los alimentarios, hasta los medioambientales (Design, 2004).

A comienzos del pasado siglo XX, el ajardinamiento de fachadas fue incorporado a las propuestas surgidas del movimiento conocido como “ciudad-Jardín”, que pretendía dar un giro a las tendencias del desarrollo urbano hacia modelos más humanizados que permitieran no perder el contacto con la naturaleza en las ciudades.

En nuestros días, el proyecto que sin duda ha significado un punto de inflexión y ha contribuido a popularizar la jardinería vertical es el realizado en el edificio del museo de Quai Branly en París. El edificio, diseñado por Jean Nouvel se inauguró en 2004 y cuenta con un enorme jardín vertical en su fachada principal creado por el prestigioso botánico francés Patrick Blanc, auténtico referente mundial de la jardinería vertical en la actualidad [33].

Se pueden distinguir varios tipos de jardines verticales. El más tradicional es el denominado ajardinamiento o enverdecimiento de fachadas, y consiste en el recubrimiento de superficies verticales mediante el uso de plantas, normalmente plantadas en el suelo. Para

poder garantizar el óptimo desarrollo de las plantas trepadoras es necesario, en ocasiones, preparar una estructura de soporte. Otra técnica diferente, que también permite crear superficies verticales ajardinadas son los denominados muros vegetales, conocidos en inglés como Living Walls o Green Walls. Estos sistemas, de desarrollo más reciente, se diferencian del sistema clásico de cultivo de plantas trepadoras, con el que a menudo se confunden, en que las plantas crecen directamente sobre la superficie vertical, y no desde la base. Las plantas se establecen a distintos niveles y utilizando distintos sistemas de soporte. Los jardines verticales también se pueden instalar en el interior de los edificios. En este caso necesita garantizarse una iluminación y una aireación adecuada (Design, 2004).

Pero los beneficios son muy notables y en muchos de los casos llegan a justificar la importante inversión y los costes de mantenimiento. Los beneficios del uso de los jardines verticales en el interior coinciden con los que están habitualmente asociados al uso de plantas ornamentales en el interior, y entre los más importantes podemos destacar los siguientes:

- Un estudio de la NASA determinó que el uso de las plantas de interior es el medio más eficiente y rentable de disminuir la contaminación que afecta a la atmósfera interior de los edificios (Wolverton, 1989).
- Su utilización en hospitales produce un significativo efecto positivo en la salud de los enfermos (Park, 2006)
- Las plantas de interior reducen el estrés, y aumentando la productividad en las oficinas (Lork, 1996).
- Los jardines verticales tienen una aplicación directa en la depuración del aire en el interior de los edificios, reteniendo partículas en suspensión y sustancias contaminantes, constituyendo una importante herramienta para luchar contra el denominado “Síndrome del edificio enfermo” [14].

Los jardines verticales constituyen una nueva corriente dentro de la jardinería, que se presenta como una alternativa a los sistemas de ajardinamiento y construcción tradicionales, y que básicamente consiste en el diseño y construcción de superficies ajardinadas en un plano vertical. Sin embargo, no se trata realmente de algo nuevo. El desarrollo de

vegetación sobre las edificaciones es una práctica habitual desde hace muchos siglos y en distintos lugares del planeta. Además de los conocidos tejados verdes, siempre ha sido frecuente encontrar plantas creciendo sobre las fachadas de los edificios, tanto plantadas en el suelo, como plantadas en macetas, colgando en balcones y ventanas. Resulta evidente la poderosa influencia que aún ejercen en nuestra imaginación los famosos jardines colgantes de Babilonia. Los objetivos para el establecimiento de la vegetación en las paredes de las edificaciones han sido variados: desde los estéticos, pasando por los alimentarios, hasta los medio ambientales.

Se pueden distinguir varios tipos de jardines verticales. El más tradicional es el denominado ajardinamiento o enverdecimiento de fachadas, y consiste en el recubrimiento de superficies verticales mediante el uso de plantas, normalmente plantadas en el suelo. Para poder garantizar el óptimo desarrollo de las plantas trepadoras es necesario, en ocasiones, preparar una estructura de soporte.

Otra técnica diferente, que también permite crear superficies verticales ajardinadas son los denominados muros vegetales, conocidos en inglés como Living Walls o Green Walls. Estos sistemas, de desarrollo más reciente, se diferencian del sistema clásico de cultivo de plantas trepadoras, con el que a menudo se confunden, en que las plantas crecen directamente sobre la superficie vertical, y no desde la base. Las plantas se establecen a distintos niveles y utilizando distintos sistemas de soporte.

Los jardines verticales también se pueden instalar en el interior de los edificios. En este caso necesita garantizarse una iluminación y una aireación adecuada, pero los beneficios son muy notables y en muchos de los casos llegan a justificar la importante inversión y los costes de mantenimiento [12].

17 Fundamento teórico.

1.7.1 Concepto de Jardín Vertical.

Los jardines verticales son muros vegetales que pueden ser utilizados en distintas construcciones tanto interiores como exteriores y surgen como un nuevo concepto que reverdece paredes maximizando el uso del bien más escaso en la ciudad que es el espacio.

Los jardines verticales conocidos como Muros Verdes o Muros Vivos, son una alternativa para reverdecer las ciudades. Consisten en el cubrimiento de una superficie vertical con plantas ornamentales o comestibles. Nos ayudan a usar espacio de lo contrario desperdiciado, creando un gran impacto visual y ambiental aumentando el valor del inmueble. Actúan como aislantes térmicos y acústicos, mientras purifican el aire de toxinas y tienen efectos psicológicos positivos comprobados. Los Jardines Verticales pueden tener un sistema de riego automatizado o regarse manualmente, siendo la mejor alternativa para cualquier proyecto en cualquier ciudad.

1.7.2 Tipos de jardines verticales.

Félix Maocho: considera que existen tres tipos de jardines verticales.

1.7.2.1 Jardines verticales a dos caras.

Utilizado a modo de tapia de separación de espacios o a veces como paredes de sombra y humedad destinadas a crear un clima agradable en un espacio como puede ser una pérgola cenador o simplemente un banco que de otra forma quedaría en peor situación climática.

1.7.2.2 Jardines verticales pasivos.

Son los más habituales. “Tapizan“de verde una pared vertical, es decir son iguales a los anteriores pero con una sola cara pueden ser instalados tanto en interior como en exterior, y aparte de su belleza aportan beneficios ambientales y energéticos, pues aumentan el aislamiento térmico del muro donde se encuentra y en consecuencia ahorran energía, tanto por reducir la ventilación necesaria al actuar como biofiltro del aire.

1.7.2.3 Jardines verticales activos.

Se utilizan tanto en el interior como en el exterior, componente auxiliar de la ventilación y climatización de los edificios, actuando como sistemas ecológicos de acondicionamiento y biofiltrado de aire en combinación con los sistemas de climatización y ventilación convencionales de los edificios.

Situado en el propio interior de la edificación la pared verde funciona es como un gigantesco filtro de aire que no solo humidifica y refresca, sino que además lo filtra de impurezas y oxigena. Esta solución ecológica es propugnada por la joven compañía Terapia Urbana, que como su nombre indica ha nacido con la vocación de “sanar” las ciudades mediante la “cirugía verde” [13].

1.8 Elementos de un Jardín Vertical

El Jardín Vertical lo forman los siguientes elementos;

- La estructura portante
- La cara posterior (si es a una cara vista).
- La cara verde (dos caras si es a dos caras vistas).
- La cubeta de escorrentías.
- El sustrato.
- El sistema de riego.
- Las plantas.

Todos los elementos mecánicos incluidos tornillos pasadores y otros materiales auxiliares, han de ser de sustancias que soporten sin cambios un alto grado de humedad llena de sales, así como la luz solar y el aire, es decir una ambiente muy corrosivos y degradante para muchos tipos de materiales tanto naturales como sintéticos. Ha de tenerse en cuenta que una vez instalado el jardín vertical es imposible realizar mantenimientos como imprimación de pinturas y que además resulta complejo si sustitución de cualquiera de ellos.

Por tanto queda excluidos cualquier material que en estas condiciones se degrade en poco tiempo, como la madera, muchos plásticos que no soportan la radiación ultravioleta e incluso el hierro que no sea inoxidable, siendo en cambio muy adecuados materiales como el aluminio, el vidrio, algunos plásticos de intemperie y el chapado marino, o de un material que yo recomiendo usar en intemperie [13].

1.9 Sistemas de jardines verticales.

Los principales sistemas de jardinería vertical se dividen en 2 grandes grupos: hidropónicos y de sustrato.

1.9.1 Jardines verticales hidropónicos.

En estos sistemas las raíces crecen en un medio inerte: fieltro no tejido (poliamida, polietileno, poliéster), lana de roca, espumas técnicas (poliuretano, poliurea). También existen algunos sistemas donde la solución nutritiva discurre a través de tubos. En estos jardines verticales todos los nutrientes son aportados vía riego.

1.9.2 Jardines verticales con sustrato.

En estos sistemas las raíces crecen en un medio con un medio granular con porcentaje orgánico más o menos elevado, las mezclas de sustrato utilizadas suelen ser ligeras, pueden incluir arlita, perlita, sphagnum, espumas técnicas, que les confieren la capacidad de retención de agua, aireación y drenaje. Los nutrientes se pueden aportar vía riego en mayor o menor porcentaje pero no son imprescindibles para el funcionamiento a corto plazo.

Existen otros sistemas de jardinería vertical fuera de esta clasificación como los jardines verticales de trepadoras, las instalaciones de jardineras en vertical y otros. Aunque utilizan soluciones muy interesantes en este artículo vamos a centrarnos principalmente en los sistemas plantados en vertical.

1.10 Características que permiten realizar una clasificación más pormenorizada de los sistemas.

Modularidad. Los jardines verticales se dividen en modulares y contruidos “in situ”. Los sistemas modulares están compuestos por una serie de paneles prefabricados mientras que los sistemas “in situ” se construyen capa a capa en el lugar. Los primeros permiten un montaje más rápido mientras que los segundos permiten adaptarse a cualquier forma sin la limitación que implica el módulo del panel.

- **Método de plantación.** Preplantados o plantados “in situ”. Los sistemas preplantados permiten cultivar paneles o macetas en invernadero para realizar su instalación

completamente crecidos pudiendo disfrutar de un jardín vertical completamente tapizado desde el primer momento de su instalación, en los sistemas plantados planta a planta normalmente hay que esperar al crecimiento de la planta o realizar una inversión en planta de mayor tamaño lo que supone un sobrecoste. Ambos sistemas son válidos, sin embargo, en la historia de las empresas españolas de jardines verticales existen varios fracasos de jardines preplantados, paneles que en invernadero se plantaron y crecieron correctamente, recién instalados, dieron una primera imagen perfecta para después secarse, lo que conllevado la reposición completa del jardín vertical.

- **Kits.** Existen una serie de kits de jardinería vertical en el mercado destinados a ser contruidos por los usuarios. Estos elementos requieren el mantenimiento del usuario como cualquier otro jardín. Su éxito o fracaso depende por completo de sus mantenedores.

1.11 Dificultad de plantar en vertical.

Parte de la clave el éxito de un jardín vertical reside en el medio de plantación y su equilibrio químico y biológico. El sustrato es probablemente uno de los desconocidos de los ecosistemas. Toda la vida vegetal depende de las interacciones entre el agua y el sustrato, los nutrientes disueltos se transfieren a lo largo de su estructura y son atraídos y mantenidos a través de enlaces iónicos. En la naturaleza el sustrato contiene elementos como los ácidos húmicos que ayudan a mantener estable el pH, el suelo está estructurado con microorganismos y micorrizas que realizan funciones específicas dentro de una compleja red de sistemas autorregulados que crean unas condiciones estables para la vida. Cuando colocamos un sustrato en vertical este equilibrio se trastoca y tenemos que solucionar los problemas en base a esto, existe una relación de propiedades que permiten evaluar la idoneidad de un jardín vertical:

- **Resistencia física del sustrato.** Es la capacidad del sustrato de conservar su estructura a lo largo del tiempo y está directamente relacionado con la durabilidad del jardín vertical. Determinados sustratos pierden la estructura más rápidamente, se “lavan”.

- **Durabilidad química.** Vida útil del sustrato sometido a las condiciones de fertirrigación necesarias para su funcionamiento. Determinados sustratos se colmatan de sales más rápidamente que otros.
- **Retención de agua.** Es la capacidad de un jardín vertical de sobrevivir sin necesidad de riego. En general los jardines hidropónicos (hay excepciones) requieren una circulación continua de riego que en caso de fallo conduce al fracaso del jardín vertical en un periodo muy corto de tiempo.
- **Retención de nutrientes.** Es la capacidad de un jardín vertical de sobrevivir sin aportación de nutrientes a través de fertirrigación. Los sistemas con sustrato tienen esta capacidad, los hidropónicos puros no.
- **Facilidad de sustitución de plantación.** La capacidad para sustituir fácilmente las plantas que han fallado es de vital importancia, algunos sistemas de jardinería vertical esta sustitución se realiza planta a planta, otros sólo permiten sustituir paneles o macetas, en otros sistemas la sustitución puede suponer un problema por caída de sustrato, suciedad... por motivos económicos no es recomendable utilizar sistemas donde, para realizar la sustitución, dependamos de la empresa instaladora.
- **Facilidad en la sustitución de riego.** El riego en un sistema de jardinería vertical debe ser perfectamente accesible y reemplazable en caso de fallo sin afectar al jardín. En algunos sistemas las conducciones de riego quedan ocultas en la parte trasera de los paneles y son difícilmente accesibles [11].
- **Complejidad del sistema de riego y fertirrigación.** Unos sistemas de jardinería vertical solo requieren sencillos sistemas de abonado y control de riego, otros necesitan complejos sistemas de filtrado, control de los parámetros de riego (conductividad, ph, humedad) y telegestión. Aunque la seguridad nunca está de más, pensamos que la sencillez es un valor añadido.
- **Variedad de plantación.** Unos sistemas permiten una amplia gama de especies vegetales mientras que otros solo permiten determinadas variedades que deben

adaptarse a situaciones específicas (climáticas, del sustrato, de humedad, tolerancia a la acidez o a la variación de ph).

- **Resistencia al frío.** En climas fríos algunos sistemas presentan el problema de congelación de las raíces, por regla general conforme más grueso y mejor aislado está el sustrato mejor comportamiento tiene el jardín vertical.
- **Peso.** El peso del sistema es una variable muy importante a considerar sobretodo en la actuación sobre fachadas ya existentes.

1.12 Agrupación por tipos de los sistemas de jardinería vertical.

1.12.1 Sistema de fieltro no tejido.

Patrick Blank patentó este sistema formado por un trasdosado de paneles de PVC donde se grapan varias capas de fieltro no tejido (se pueden utilizar varios materiales: poliéster, poliamida, polietileno, PAC, viscosa) y rafia de polipropileno alternativamente. El riego se instala en líneas situadas entre las capas a intervalos de aproximadamente dos metros. La solución hidropónica discurre por gravedad en el no tejido hasta la parte inferior donde se puede recircular de nuevo hacia la parte superior o desecharse.

1.12.2 Sphagnum.

El Sphagnum Magellanicum es un tipo de musgo conocido como musgo de turbera, en inglés peat moss, cuyas propiedades de absorción de agua e integridad como sustrato lo hacen adecuado para su utilización en jardines verticales.

Es antibacteriano, con propiedades contra la putrefacción, enfermedades y plagas, esto se debe a la presencia de un conservante polisacárido. El bajo índice de ph 4,8 evita el uso de reguladores químicos, haciendo a la planta resistente a enfermedades y parásitos en las raíces.

El sphagnum se suele instalar rellenando paneles formados por mallas de alambre galvanizado, electro-soldado y plastificado, aunque puede utilizarse en cualquier sistema

modular de jardinería vertical sólo o como complemento de otro sustrato. El espesor de los paneles de sphagnum varía en función del sistema y de las solicitaciones climáticas, desde 5 a 15cm de grosor.

El musgo retiene hasta 20 veces su peso en agua, condición que lo convierte en un buen administrador y distribuidor de humedad, también es de una textura ligera que permite la oxigenación de las raíces de las plantas [11].

1.12.3 Sistemas plug-in.

Se denominado así a los sistemas de jardinería vertical compuestos de recipientes tipo maceta que se instalan sobre una estructura con forma de entramado fijado a la pared, existen varios sistemas de este tipo: desde los más sencillos realizados con un entramado de varillas metálicas y macetas convencionales hasta los más elaborados e industrializados, con soluciones de paneles de plástico inyectado con sistema de riego integrado.

1.12.4 Sistemas de paneles contenedores de sustrato.

Se trata de sistemas de sustrato donde las especies vegetales crecen a través de perforaciones practicadas los paneles contenedores, estos a su vez se anclan o cuelgan de una base de perfilería metálica. Los paneles pueden estar contruidos con rafia, geotextil y rejilla electrosoldada, cajas de fruta de polietileno o estructuras semejantes. Existen en el mercado una gran cantidad de empresas que utilizan estos sistemas, por regla general los paneles suelen cultivarse en invernadero para instalarse en jardines completamente tapizados desde el primer momento.

El sustrato utilizado está formado por un elevado porcentaje de materiales retenedores de agua: perlita, espumas técnicas, fibra de coco, sphagnum, etc; su calidad está directamente relacionada con la composición del sustrato, cada empresa tiene su formulación propia.

1.12.5 Sistemas de celdas de sustrato.

Las características de los sistemas de celda de sustrato son muy parecidas a las de contenedores de sustrato, la única diferencia reside en que la apertura del sustrato al exterior brinda una mejor ventilación y aumenta las posibilidades del sistema riego.

1.12.6 Sistemas de paneles de sustrato hidropónico.

Son sistemas contruidos a base de paneles realizados con materiales de cultivo hidropónico: espumas técnicas de poliuretano, poliurea o lana de roca. Las especies vegetales suelen plantarse in-situ, los paneles disponen de una serie de perforaciones que permiten la introducción de plántones cultivados en sustrato inerte o con la raíz desnuda [22].

1.12.7 Sistemas de especies específicas.

Existen sistemas-situaciones que responden a las necesidades de especies o variedades concretas en situaciones climáticas específicas: se pueden realizar jardines verticales de plantas aéreas seleccionando cuidadosamente las variedades y según el clima, jardines verticales de musgo en determinadas orientaciones y características del soporte, muros de sedum, kalanchoe, helechos, de cactus espífitos, se pueden realizar con actuaciones físicas muy ligeras, buscando las condiciones que sean las adecuadas para su crecimiento, sin necesidad de sistemas comerciales de jardinería vertical [22].

1.13 Sustrato Sunshine mix 3.

1.13.1 Mezcla Sunshine mix no. 3.

Es de origen Canadiense y se usa para la siembra y trasplante en macetas, cajas para semilleros, o speedlings con cavidades de tamaño variable. Es una mezcla uniforme utilizada como sustituto de suelo y puede usarse en el llenado manual o con equipo mecanizado.

1.13.1.1 Presentación

La Mezcla Sunshine Mix no. 3 se empaca a presión en bolsas de plástico (poly 5 mil) que ocupan un volumen de 107 litros y pesan cada una aproximadamente 27.2 kg. Al expandirse, cada bolsa reditúa alrededor de 215 litros de la mezcla.

1.13.1.2 Ingredientes

La mezcla Sunshine Mix, está integrada por una combinación uniforme de musgo, Sphagnum Canadiense, vermiculita cuidadosamente seleccionada, a la que se le adicionan carbonatos para ajustar el pH, un agente humectante patentado y además una formulación base de fertilizantes [22].

1.13.1.3 Información Básica del Producto.

La mezcla Sunshine Mix No.3, se formula utilizando musgos seleccionados y contiene una excelente fibra y una adecuada estructura, lo que permite una óptima retención del agua aplicada y una buena aireación, lo que conlleva a la obtención de plantas sanas y vigorosas.

La vermiculita usada es de grado fino- especialmente seleccionada la cual se combina con el musgo para mejorar la retención del agua y además auxiliar en la aireación y el drenaje, así como también permite mantener la estructura del contenedor al momento del trasplante. A la mezcla se le agrega carbonatos para ajustar el pH en el rango de 5.9 a 6.2.

1.13.1.4 Formulación del fertilizante.

Contiene elementos mayores y menores, en concentraciones bajas, lo que permite que la fertilización se mantenga a un nivel apropiado para la germinación y a su vez, proteger a los tejidos suculentos de las plantas. Por regla general, se debe iniciar un programa de fertilización adecuado a las necesidades locales, tan pronto aparezcan las primeras hojas verdaderas.

La mezcla Sunshine Mix no. 3 es inocua y libre de semillas de malezas, por lo que no requiere de fumigación o desinfección alguna antes de su uso. La mezcla contiene el agente

humectante patentado de Sun Gro Horticulture. Este producto único en su género no se lixivia con facilidad, ni sufre descomposición química. Favorece la retención de la humedad inicial y la del re-humedecimiento de la mezcla lo que reduce en sí, las necesidades de agua. Esto da lugar a una disminución de la pérdida de los fertilizantes y permite a la mezcla mantener el nivel de agua necesaria y de manera uniforme, para que desarrollen plantas con un adecuado sistema radicular [10].

1.14 Plantas para jardines verticales.

Una vez elegido el tipo de plantas que deseamos tener en nuestro Jardín Vertical, el soporte físico y el sustrato y la forma de riego del jardín vertical tiene que estar en función de las plantas que pensemos cultivar el uso de plantas ornamentales en el interior, y entre los más importantes podemos destacar los siguientes:

1.14.1 Tipos de plantas para jardines verticales.

Las plantas que conforman el muro vegetal pueden escogerse en cada caso teniendo en cuenta:

- Las características climatológicas del lugar de emplazamiento.
- Las necesidades o preferencias del cliente.

Este sistema nos permite hacer diferentes composiciones y ajustarnos según los requerimientos climáticos de las especies vegetales que se van a utilizar, integrando naturaleza y estética en un nuevo concepto de paisajismo urbano [20].

1.14.2 Especies vegetales que absorben contaminantes.

Todas las plantas eliminan en mayor o menor medida las sustancias químicas suspendidas en el aire. En la lista que figura a continuación se recogen las plantas más eficaces en la lucha contra los contaminantes.

La primera lista de plantas capaces de limpiar el aire fue compilada por la NASA como parte del estudio NASA Clean Air Study (Wolverton B.C1996) , que investigaba plantas capaces de limpiar el aire en las estaciones espaciales. Además de absorber dióxido de carbono y emitir oxígeno, lo que hacen todas las plantas, estas plantas también eliminaban cantidades significativas de benceno, formaldehído y/o tricloroetileno. La segunda y tercera lista han sido extraídas del libro del Dr. B.C. Wolverton se refieren a productos químicos específicos [31].

X = SI (según análisis de la NASA)

W = SI (según análisis de Wolverton)

Tabla1: Especies vegetales que absorben contaminantes.

Planta v\ Mejor eliminador de->	Benceno (NASA)	Formaldehído (NASA,N) (W)	Tricloroetileno (NASA)	Xileno y Tolueno
Aglaonema (Aglaonema modestum)				
Areca (Chrysalidocarpus lutescens)				X
Chamaedorea (Chamaedorea sefritzii)		N W		
Chlorophytum comosum (Chlorophytum comosum)		N		
Crisantemo (Chrysanthemum morifolium)	X	N W	X	
Dendrobium orchid (Dendrobium sp.)				X
Dieffenbachia (Camilla) (Dieffenbachia)				X
Dieffenbachia (Exotica)(Dieffenbachia)				X

Planta v\ Mejor eliminador de->	Benceno (NASA)	Formaldehído (NASA,N) (W)	Tricloroetileno (NASA)	Xileno y Tolueno
Dracaena fragrans (Dracaena fragrans variedad 'Massangeana')		N		
Dracaena marginata (Dracaena marginata)	X	N		X
Ficus (Ficus benjamina) ⁴		W		
Ficus (Ficus elastica)		W		
Gerbera Daisy (Gerbera jamesonii)	X	W	X	
Hiedra (Hedera helix)	X	W		
Homalomena (Homalomena wallisii)				X
Nephrolepis (Nephrolepis exaltata "Bostoniensis")		W		
Nephrolepis (Nephrolepis obliterata)		W		X
Palmera datilera enana (Phoenix roebelenii)		W		X
Palo del Brasil (Dracaena deremensis variedad 'Janet Craig')	X	W		
Palo del Brasil (Dracaenaderemensis variedad 'Warneckii')	X		X	X
Phalaenopsis (Phalenopsis sp.)				X

Planta v\ Mejor eliminador de->	Benceno (NASA)	Formaldehído (NASA,N) (W)	Tricloroetileno (NASA)	Xileno y Tolueno
Philodendron bipinnatifidum (Sin. Philodendron selloum)		N		
Philodendron domesticum (Philodendron domesticum)		N		
Philodendron oxycardium (Sin. Philodendron cordatum)		N		
Potos (Scindapsus aures o Epipremnum pinnatum)		N		
Sansevieria trifasciata (Sansevieria trifasciata 'Laurentii')		N		
Spathiphyllum (Spathiphyllum 'Mauna Loa')	X	W	X	

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Plantas_que_filtran_el_aire.

15. Descripción de la Hiedra (**Hedera helix**).

Nombre común: Hiedra

Nombre científico: Hedera helix

Familia: Araliáceae

Género: Asteridae

Clase: Magnoliopsida

1.15.1 Descripción Botánica.

Planta de hasta 30 m, trepadora, perenne, que forma amplias alfombras o trepa por soportes, tiene tallos vegetativos o estériles y tallos reproductivos, presentan raíces adventicias que

salen de unos pequeños discos situados en los extremos de ramas estériles especializadas, las cortezas exudan un resina gomosa [24].

Las hojas poseen dos tipos de ramas, unas fértiles y otras estériles, que se distinguen fácilmente por la forma de sus hojas. Las hojas estériles son lobuladas con tres o cinco lóbulos y un nervio central que llega al extremo de cada uno de ellos; las hojas fértiles son ovaladas con un solo nervio central, y no pueden trepar tanto.

Las flores son hermafroditas y se reúnen en inflorescencia de tipo umbela, con 12 a 20 flores solitarias o agrupadas en una panícula racimosa. El cáliz tiene sépalos pequeños y deltados y la corola 5 pétalos de 3 a 5 mm, son de color verde amarillentos. La aparición de las flores de color amarillo verdoso se produce en agosto, septiembre y octubre, obviamente solo en las ramas fértiles [25].

La hiedra es resistente al frío, tolera la cal y prefiere un ambiente húmedo; en los climas cálidos es preferible mantener el suelo húmedo durante los primeros años. En los meses de estío hay que suministrar mucho fertilizante y mojar las hojas con frecuencia. Después del trasplante necesita riego y soporte. La poda se realiza en marzo o julio [27].

1.16 Descripción de la Nephrolepis exaltata

Nombre común: helecho.

Nombre científico: Nephrolepis Exaltata.

Familia: Polipodiáceas.

Características:

El helecho es una planta tupida de 50 a 60 cm de altura. De hoja perenne. Las frondas son muy largas y penden con gran elegancia. Se componen de foliolos verdes, situados a uno y otro lado del tallo.

Ubicación: se adapta bien en un lugar claro sin sol directo, a una temperatura de 18 a 20 °C que en invierno descienda por debajo de los 15 °C.

Riego: Debe regarse con regularidad, empleando agua blanda. Debe mantenerse el suelo húmedo.

Cuidados especiales: hay que vaporizar el follaje periódicamente con agua blanda.

Parásitos y enfermedades: es sensible a las cochinillas y pulgones.

Trasplante: en marzo-abril y cuando las raíces llenan la maceta; utilice un substrato ligero a base de turba. Si está sola, es conveniente que la meta en un macetero grande, lleno de turba, para mantener una atmósfera húmeda.

Abono: Semanal de febrero a octubre.

Multiplificación: al cabo de unos años, los helechos forman estolones sobre los que se desarrollan retoños. Estos pueden plantarse en un substrato ligero: pronto darán ejemplares muy vigorosos.

Poda: consiste en arrancar las hojas secas [35].

1.17 Descripción Sansevieria trifasciata.

Familia: Liliáceas

Nombre científico: Sansevieria

Nombre común: Lengua de suegra o Espada de san Jorge

Características generales: planta herbácea de tallo erecto, o /e crece de 30 a 40 cm., sus hojas son espadiformes alargadas con llamativos diseños color amarillo en todo el borde, sus raíces son en forma de rizomas. Presenta floración en racimos, fruto en bayas con semillas comprimidas.

Propagación: se propaga por esquejes u hijuelos.

Tolerancia: tolera luz directa, lugares oscuros, sequia y también temperatura y humedad alta, así como vientos y suelos poco salinos [25].

Uso Urbano: las ciudades de esta especie son bien reconocidas por paisajistas, ya que cuenta con recurso de fácil adaptación y gran impacto para jardines secos, se ven bien acompañadas con diseños rocosos así como también con especies de zona seca.

Mantenimiento: esta planta es atacada cuando se le provee exceso de humedad por pulgones, enfermedades fungosas y bacterianas, por lo que se recomienda realizar riego leve, poda y manejo fitosanitario [28].

Observación: como una observación se puede indicar su fácil reproducción y manejo, en especial cuando están situadas en sitios al aire libre, es una especie que posee cualidades medicinales, se debe tener precaución con los bordes de esta planta, ya que puede ocasionar cortaduras.

1.18 Descripción de la *chlorophytum comosum*.

Chlorophytum comosum, es una especie fanerógama, acaule del género Chlorophytum, nativa de Sudáfrica, es conocida popularmente como cinta, malamadre, araña o lazo de amor.

Especie herbácea perenne, que crece formando una roseta central posee hojas angostas y largas, lineal-lanceoladas, paralelinervias, borde entero, de 20–40 cm de longitud y 5–20 mm de ancho. En el punto donde una hoja desarrollaría un nodo, se producen raíces adventicias, tanto bajo tierra como aéreas, así como estolones de los que surgen hijuelos y diminutas flores hermafroditas de color blanco, actinomorfas, de ovario súpero formado por tres carpelos soldados, posee un solo estigma y seis estambres [20].

En 1984 recibió especial atención a nivel mundial cuando la NASA dio a conocer por primera vez los hallazgos de unas investigaciones que mostraban la capacidad de esta planta de eliminar los contaminantes del aire en los interiores. En una habitación con muchas Cintas, la cantidad de CO₂, Monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, xileno y formaldehído, se redujo a casi cero después de tan sólo 24

horas, Indicadas tanto en cocinas donde se utiliza gas como en salones y comedores donde hay reuniones de mucha gente [27].

Indicadas en: cocinas, salones y comedores donde circula mucha gente

Luz. No la pongas al sol directo del mediodía. Tolera bien los lugares oscuros, pero puede perder la banda blanca de las hojas por la oscuridad.

Temperatura.

La Cinta aguanta heladas débiles, no inferiores a -2°C y de corta duración.

Humedad.

Pulveriza las hojas de vez en cuando.

Riego.

Riego 2 ó 3 veces a la semana en verano y 1 en invierno. Las Cintas toleran la sequía y no mueren si se olvida el riego, ya que la almacenan agua en las raíces [15].

1.19 Ambiente interior.

Según: <http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es>. Es el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que rodean a una persona en el interior de un espacio de trabajo. La concepción del ambiente de trabajo debe ser tal que los elementos mencionados no perturben la salud de la persona, ni su capacidad de trabajo.

1.20 Calidad del ambiente interior.

Es aquel que hace referencia a:

- Ambiente térmico.
- Ruido y vibraciones.
- Radiaciones. (Iluminación).
- Aspectos ergonómicos.
- Factores psicosociales.

1.21 Confort térmico.

En los ambientes interiores la capacidad de regulación de la temperatura viene dado por los sistemas de calefacción, ventilación y climatización. El cuerpo humano tiene la capacidad de regular su temperatura corporal en un margen de grados.

Para que haya un confort térmico en un ambiente interior, la mayoría de las personas que lo habitan deben percibir una sensación de bienestar general de humedad y temperatura. El confort térmico significa sentirse bien desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona [17].

1.22 Intercambio de calor entre el hombre y el medio ambiente.

Además del calor generado por metabolismo, el hombre está continuamente recibiendo y cediendo calor al medio ambiente por medio de los mecanismos de:

- Conducción
- Convección
- Radiación.
- Evaporación del sudor.

1.22.1 La regulación de la temperatura corporal.

- La temperatura del organismo ha de mantenerse esencialmente constante para evitar que se puedan resultar dañados los órganos vitales como consecuencia de tener que soportar temperaturas extremas [6]

1.22.2 Efectos para la salud.

El sistema termorregulador se encarga de mantener la temperatura del cuerpo. Pueden aparecer daños para la salud por exposición a ambientes térmicos agresivos estos daños pueden ser:

- Alteraciones cutáneas.
- Erupción por calor
- Quemaduras.

- Alteraciones sistémicas.
- Golpe de calor.
- Agotamiento por calor.
- Deshidratación.
- Déficit salino

1.23 Índices de calor ambiental

El intercambio de calor entre el hombre y el medio ambiente depende de las siguientes variables

- Temperatura del aire.
- Humedad del aire
- Velocidad del aire.

Los índices de valoración ambiental están destinados a medir el riesgo de salud, como el índice WBGT, o el grado de confortabilidad que puede experimentarse en un determinado ambiente térmico [17].

1.23.1 Ventilación.

En arquitectura se denomina ventilación a la renovación del aire del interior de una edificación mediante extracción o inyección de aire. La finalidad de la ventilación es:

- Asegurar la limpieza en del aire respirable.
- Asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión.
- Colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio.
- Luchar contra los humos en caso de incendio.
- Disminuir las concentraciones de gases o partículas a niveles adecuados para el funcionamiento de maquinaria o instalaciones.
- Proteger determinadas áreas de patógenos que puedan penetrar vía aire.

Se realiza mediante el estudio de las características arquitectónicas, uso y necesidades de cada área.

1.23.2 Tipos de ventilación.

Ventilación forzada.

Es la que se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobrepresiones en conductos de distribución de aire o áreas del edificio. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades manejadoras de aire (UMAs) u otros elementos accionados mecánicamente.

Ventilación natural.

Es la que se realiza mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobrepresiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

Tanto la ventilación natural como la forzada se pueden especializar más y dividir de la siguiente forma:

- Ventilación por capas.
- Ventilación cruzada.
- Ventilación por inyección de aire o sobrepresión.
- Ventilación por extracción de aire o presión negativa.
- Ventilación localizada o puntual.
- Ventilación general

Tabla 2: Tipos de ventilación y sus diferentes utilidades

Ventilación	Utilidades
Natural	Cargas de calor moderadas. Emisiones muy pequeñas de gases y vapores (menos de 1 cm ³ /minuto). No para humos o polvos. Oficinas con más de 50 m ² /persona.
General forzada (ventilación por dilución)	Cargas de calor altas. Emisiones moderadas de gases y vapores (hasta 100 cm ³ /minuto). Oficinas con menos de 50 m ² / persona.
Localizada (mediante sistemas de extracción)	Emisiones altas de contaminantes. Contaminantes peligrosos (incluso en cantidades pequeñas). Humos y polvos.
De confort	Para producir condiciones térmicas de bienestar.

Fuente: <http://www.istas.ccoo.es/>.

Climatización: la climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habilitados.

1.23.3 Climatización en los Centros de Trabajo.

Las condiciones climáticas son la temperatura y la humedad en las que se desarrolla un trabajo. El trabajo físico genera calor en el cuerpo, para regularlo el organismo humano posee un sistema que permite mantener una temperatura corporal constante de 37°C. La regulación térmica y sensación de confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios con el medio ambiente

1.23.3.1 Convección.

El organismo puede ganar o perder calor por convección. La convección es un mecanismo de intercambio de calor entre la piel y el aire en contacto con ella. El flujo de calor se produce en el sentido de mayor a menor temperatura.

La temperatura de la piel varía en función de las necesidades del organismo de evacuar calor, aunque siempre se encuentra alrededor de 35 °C. Cuando la temperatura del aire es inferior a la de la piel, el mecanismo de convección posibilita la evacuación de calor, pero si el ambiente está a una temperatura superior se producirá una ganancia de calor a través de la piel. Asimismo, puede también demostrarse que esta magnitud, en cualquiera de los dos sentidos, es tanto mayor cuanto más elevada es la velocidad del aire.

Hay que resaltar que el intercambio ocurre entre la piel y el aire en contacto con ella, no con el aire ambiental; el uso, o carencia, de prendas de ropa incide en el intercambio global, ya que supone una barrera adicional a la transferencia de calor entre el ambiente y la piel.

Unas malas condiciones pueden ocasionar efectos negativos para la salud, que variarán según las características de cada persona y su capacidad de aclimatación. Así encontraremos: resfriados, deshidratación, golpe de calor como efectos directos, pero también alteraciones de la conducta, aumento de la fatiga, lo que puede incidir en la aparición de algún accidente [17].

1.23.3.2 Tipos de convección.

Convección natural.

En convección natural el flujo resulta solamente de la diferencia de temperaturas de fluido en la presencia de una fuerza gravitacional; la densidad de un fluido disminuye con el aumento de la temperatura. En un campo gravitacional, dichas diferencias en densidad causadas por las diferencias de temperaturas originan fuerzas de flotación. Las corrientes naturales de convección hacen que el aire caliente suba y el frío baje. En una habitación con una fuente de calor como una estufa, a medida que el aire de abajo se va calentando en contacto con la estufa, va subiendo y hace bajar el aire que se va enfriando generando dichas corrientes convectivas.

Convección forzada.

En la convección forzada se obliga al fluido a fluir mediante medios externos, es decir, se añade algún tipo de mecanismo como un ventilador o algún sistema de bombeo, ya se de succión transversal, dicho mecanismo acelera la velocidad de las corrientes de convección natural, lo cual no genera mayor potencia calorífica con un sistema o con otro. La diferencia se observará en que, con el sistema de ventilación forzada, el calor se reparte más y se calienta el ambiente en menos tiempo.

1.24 Las Condiciones Ambientales.

Las condiciones ambientales quedan definidas a través de cuatro variables independientes:

- La temperatura del aire
- La velocidad del aire
- La humedad del aire

1.25 Medida de las magnitudes ambientales

Según: (ISO 7726:1998) Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. Las medidas ambientales necesarias para la evaluación de riesgos requieren el uso de instrumentos fiables y calibrados.

A continuación se hace un resumen de las condiciones de medida más significativas.

Temperatura del aire.

La temperatura del aire se mide con termómetros. Puede utilizarse cualquier tipo, tanto los clásicos de vidrio como los basados en sensores con indicación digital. Se recomienda una precisión mejor que 0,5°C

Temperatura de bulbo seco.

La temperatura de bulbo seco, o simplemente temperatura seca, mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad o el movimiento del aire, los cuales tienen el potencial de afectar significativamente la sensación térmica.

Uno de los instrumentos más empleados para medir la temperatura seca es el termómetro de mercurio, el cual consiste en un delgado tubo de vidrio cuya base, con forma de bulbo, contiene un depósito de este metal semilíquido. El conjunto se encuentra herméticamente sellado para mantener un vacío parcial en su interior. Gracias a su gran capacidad de dilatación el mercurio asciende por el tubo conforme aumenta la temperatura, haciendo posible la medición de esta última mediante una escala graduada. El termómetro de mercurio se expone directamente al aire, pero se protege de la humedad y de la radiación solar.

Temperatura de bulbo húmedo.

La temperatura de bulbo húmedo, o simplemente temperatura húmeda, representa una forma de medir el calor en un sistema en el que interactúan un gas y un vapor, generalmente aire y vapor de agua. En el campo de la meteorología, dicho en términos más llanos, es un valor de temperatura que toma en cuenta el efecto de la humedad ambiental y el correspondiente potencial de evaporación.

Generalmente la temperatura de bulbo húmedo se mide mediante un termómetro normal ubicado a la sombra, pero con su bulbo envuelto por una mecha de algodón (o un material poroso y absorbente similar) cuya parte inferior se encuentra sumergida en un recipiente con agua. Con ayuda de un ventilador el sistema se expone a un flujo constante de aire de aproximadamente 3 m/s, lo cual provoca que el agua que asciende por capilaridad a lo largo de la mecha se evapore con relativa facilidad. Los procesos de evaporación generan absorción de calor, lo cual hace que el bulbo se enfríe paulatinamente. La temperatura del bulbo desciende hasta que el aire que lo envuelve (contenido en los poros de la mecha) se satura por completo. Se obtiene entonces, en el termómetro, un valor que representa la temperatura de bulbo húmedo.

Cuando el aire se encuentra por debajo del nivel de saturación, es decir, cuando la humedad relativa es inferior al 100%, la temperatura de bulbo húmedo siempre es menor a la temperatura de bulbo seco. En ese sentido la temperatura de bulbo húmedo expresa de manera indirecta la humedad ambiental, ya que mientras menor es la humedad relativa del aire más fácilmente se evapora el agua y más intensos son los procesos de pérdida de calor. Esto significa también que en los climas secos la diferencia relativa entre las temperaturas simultáneas de bulbo seco y bulbo húmedo es siempre mayor que en los climas húmedos. Por otro lado, la diferencia entre ambas temperaturas es un indicativo del potencial de los sistemas de enfriamiento evaporativo: si la diferencia es grande estos sistemas suelen ser bastante eficientes, si es muy pequeña su eficiencia disminuye drásticamente.

La temperatura de globo.

La temperatura de globo se obtiene mediante un termómetro cuyo bulbo se encuentra dentro de una esfera de cobre de espesor fino, pintada de color negro humo para maximizar la absorción de radiación infrarroja. El valor obtenido con este dispositivo es una manifestación del balance entre el calor ganado o perdido por radiación y el calor ganado o perdido por convección. La temperatura de globo es entonces aquella en la que se logra el equilibrio entre las pérdidas y ganancias de calor. Si la velocidad relativa del aire es muy reducida la temperatura de globo tiende a ser similar a la temperatura radiante media [21].

Velocidad del aire

La medida de la velocidad del aire se realiza con anemómetros. Existe una gran variedad de modelos de diferentes diseños y aplicables a la medida de la velocidad del aire en puestos de trabajo. No obstante la medida de la velocidad del aire no es sencilla, debido a la enorme variabilidad de esta magnitud tanto respecto al tiempo como al espacio. Para mediciones aplicables a la evaluación de riesgos el instrumento utilizado debe ser lo menos direccional posible, es decir, debe indicar el valor correcto de la velocidad del aire independientemente de su dirección, y ser capaz de medir con precisión a partir de 0,2 m/s.

Humedad del aire.

Existen instrumentos llamados higrómetros, que dan una indicación directa de la humedad del aire en forma absoluta (g de vapor/kg de aire), o relativa (%). Se recomienda una precisión en la medida de la humedad absoluta mejor que 0,15 kPa. Los higrómetros que utilizan materiales orgánicos (higrómetros de pelo) se basan en la característica de ciertos polímeros orgánicos de cambiar su longitud en función de su contenido de agua, lo que a su vez es función de la humedad relativa del ambiente [21].

CAPÍTULO II

2 METODOLOGÍA.

2.1 Tipo de estudio.

El tipo de estudio del presente tema de investigación está basado en un diseño experimental posttest con grupo de control. El grupo experimental es el que recibe la influencia de las variables de las condiciones ambientales como: Temperatura, Humedad relativa y velocidad del viento, y el grupo control sirve de referencia para apreciar las variaciones que se produzcan en el anterior.

Método deductivo porque se podrá proyectar los resultados a escala real.

2.2 Lugar experimental.

La investigación se realizó en el Barrio Santa Teresita del Cantón Guano Provincia de Chimborazo

2.3 Población y Muestra.

2.3.1 Población.

La Población de estudio comprenderá las especies de plantas que son recomendadas por la NASA para la purificación del aire en interiores.

2.2.2 Muestra.

La muestra comprenderá de cuatro especies como son: Helecho (Nephrolepis exaltata), Cintas (Chlorophytum comosum), Hiedra (Hedera hélix) y Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata), existentes en los viveros de la ciudad que son recomendados por la NASA para la purificación del aire en interiores.

2.3 Operacionalización de variables.

Tabla 3: Las variables se operacionalizaron en función de su categoría

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Implementación del prototipo de jardín vertical.</p>	<p>Un jardín vertical es una asociación de plantas, predispuestas en una superficie vertical brindando una calidad de aire en el espacio físico</p>	<p>asociación de plantas</p> <p>Físico</p>	<p>Asociación de plantas.</p> <ul style="list-style-type: none"> El número de hojas y ramas. Altura de la planta. <p>Cabinas de ensayo</p> <ul style="list-style-type: none"> Estructura para la construcción. Dimensionamiento de la cabina <p>Sustrato</p> <ul style="list-style-type: none"> pH Humedad (%) Densidad aparente (g/cm³) Temperatura (°c) Nitrógeno(kg/ha) Fósforos (kg/ha) Potasio (kg/ha) Materia orgánica (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de fichas. Recolección de datos en el sitio y observación. Registro fotográfico. Flexometro
<p>VARIABLE DEPENDIENTE.</p> <p>Condiciones Ambientales</p>	<p>Las condiciones ambientales de trabajo son las circunstancias físicas en las que el empleado se encuentra cuando ocupa un cargo en la organización. Es el ambiente físico que rodea al empleado mientras desempeña un trabajo.</p>	<p>Condiciones Ambientales</p>	<p>Temperatura</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura Húmeda °C) Temperatura de globo °C Temperatura de bulbo seco <p>Humedad</p> <ul style="list-style-type: none"> Humedad relativa en % <p>Velocidad del aire</p> <ul style="list-style-type: none"> m/s 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de fichas. Revisión en el sitio y observación. Recolección de datos en una ficha. Equipo Questum p^o34 Anemómetro con sensor independiente TMA10.

2.4 PROCEDIMIENTO.

- ✓ Determinación de la asociación de plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales.
- ✓ Realización de la selección del sustrato para controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical.
- ✓ Medir las condiciones ambientales como: la temperatura, humedad y velocidad del aire en las cabinas de ensayo con prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada para su análisis de los promedios diarios de los datos obtenidos.

2.4.1 Determinación de la asociación de plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales.

2.4.1.1 Asociación de las plantas y de una sola planta en el prototipo de jardín vertical.

Para la asociación de las plantas en el prototipo de jardín vertical se tomó cuatro especies son: Helecho (Nephrolepis exaltata), Cintas(Chlorophytum comosum), Hiedra (Hedera hélix) y Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) y el estudio de solo con helechos (Nephrolepis exaltata), que son recomendados por la NASA que son purificadoras del aire en el interior de los edificios, los espacios establecidos entre plantas en las bandejas de los prototipos fue deducido mediante la fórmula :

$$x=dn(n+1)(e).$$

Dónde:

x =longitud total

d=diámetro del agujeros

n= número de agujeros

e=espacios entre agujeros

Resultando de la siguiente manera el número agujeros de las plantas y los espacios entre plantas, como se presentan en la Figura 2, en cada bandeja de los helechos del prototipo de jardín vertical para el primer ensayo en las cabinas.

2.4.1.2 Diseño y construcción del prototipo de jardín vertical.

Se construyó el prototipo de jardín vertical con material metálico con ocho bandejas recubiertas con malla electro soldado cuyas dimensiones son de 1m de largo x 1m de ancho y una profundidad de 15cm, un soporte de tubo cuadrado de tres cuartos de pulgada diseñado para colgar las cuatro bandejas, el riego se lo realizo manualmente .



Fotografía 1: Diseño de la estructura de los prototipos de jardín vertical.
Responsable: Javier Tandazo



Fotografía 2: Diseño de las bandejas del prototipo de jardín vertical.
Responsable: Javier Tandazo

a. Distribución de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de helechos.

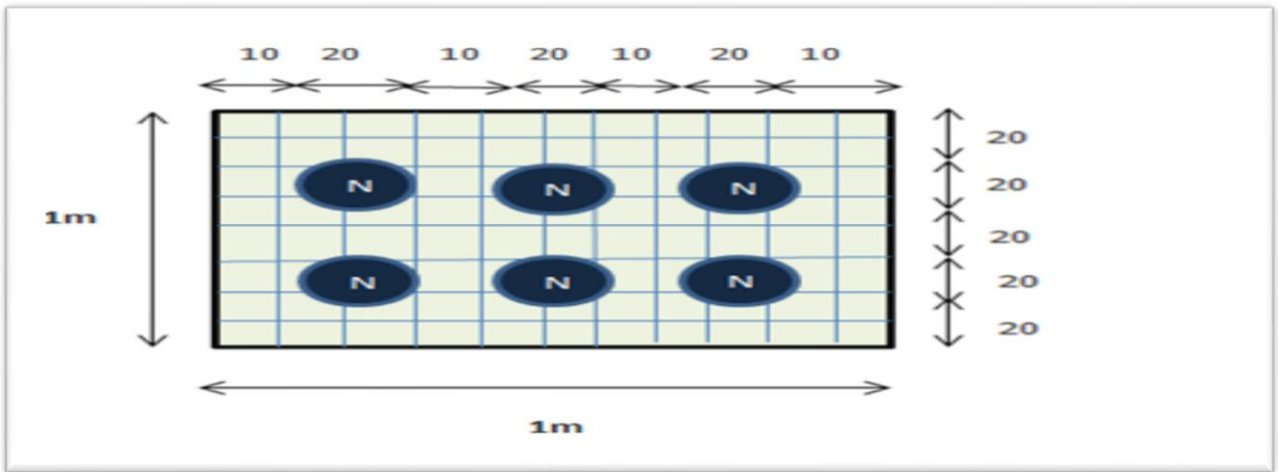


Figura 1: Distribución de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de los Helechos.

Dónde:

N= Helecho (*Nephrolepis exaltata*).

Se construyó cuatro bandejas en las cuales se colocó 6 plantas por bandeja, con un total de 24 plantas para el prototipo

b. Distribución de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas.

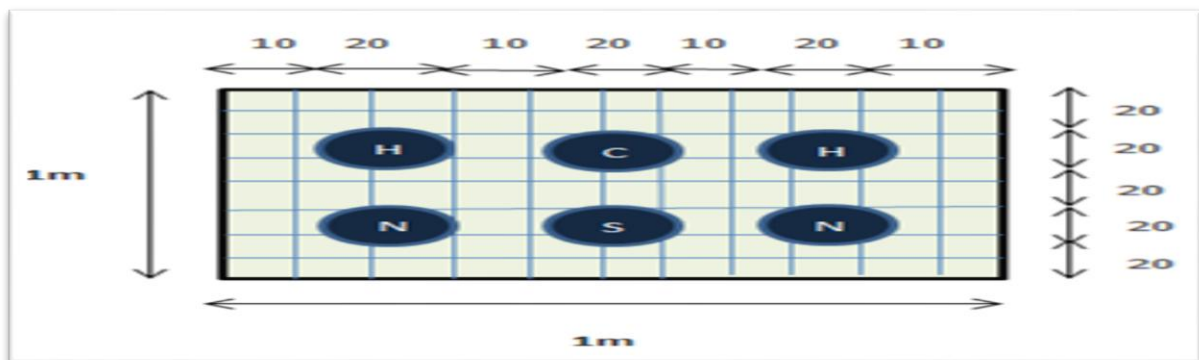


Figura 2: Diseño de las bandejas del prototipo de jardín vertical con asociación de plantas.

Responsable: Javier Tandazo.

Dónde:

N=Helecho (Nephrolepis exaltata).

C=Cinta (Chlorophytum comosum).

H=Hiedra (Hedera hélix).

S= Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata).

En los agujeros se lo represento con la letra inicial del nombre científico de la planta en el prototipo de jardín vertical, se construyó cuatro bandejas de las mismas características con un total de 4 cintas, 8 helechos, 1 Espada de San Jorge y 2 hiedras para el prototipo de la asociación de plantas

2.4.1.3 Trasplante de las plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical.

El trasplante se realizó una vez diseñadas y construidas las bandejas de los prototipos de jardín vertical de helechos y de asociación de plantas se procedió a cubrir por la parte interior de las bandejas con plástico polietileno de color negro como se muestra en la **fotografía 3**, para evitar que se derrame el sustrato seleccionado para el trasplante.



Fotografía 3: Bandejas cubiertas con plástico de polietileno.
Responsable: Javier Tandazo

Una vez cubierto con el plástico las bandejas se introduce el sustrato (shunshine mix 3) hasta llenar cada bandeja, en donde se procedió el trasplante de las plantas de cada una de las bandejas de las especies vegetales a plantar una vez trasplantado se procedió a realizar el riego manualmente.



Fotografía 4: Trasplatación de las plantas en los prototipos de jardín vertical.
Responsable: Javier Tandazo.

2.4.1.4 Diseño y construcción de cabinas de ensayos para la experimentación.

Se diseñó y construyó dos cabinas de ensayos de las mismas características de material de ladrillo, las dimensiones son: largo de 3,25 m, ancho de 1,75 y altura de la parte frontal de 2m, la partes posterior de las cabinas de 2,70m con techo de zin, cielo raso, puertas y ventanas de un 1 metro cuadrado con acabados de color mango.



Fotografía 5: Construcción de las paredes y colocación de techos, puertas, ventanas y pintura de las cabinas para el jardín vertical.
Responsable: Javier Tandazo.

2.4.1.5 Datos a registrarse de las plantas del prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación de plantas.

a. Altura de la planta.

Se escogió al azar 4 helechos trasplantadas, una de cada bandeja de las 4 bandejas se midió la altura de una rama de las plantas en el día del trasplante y a los 10, 25 y 40 días después del trasplante del primer prototipo de jardín vertical de helechos (**Ver anexo 3**).

Para el caso de las plantas asociadas en el prototipo de jardín vertical se escogió al azar 4 plantas trasplantadas de cada especie de estudio una de cada bandeja de las 4 bandejas se midió la altura, al día del trasplante como el día 0, a los 10, 25 y 40 días después del trasplante.

b. Número de ramas y hojas.

Se contó el número de ramas de los helechos las mismas que fueron tomadas las medidas de las alturas, el día del trasplante como el día 0 y a los 10,25, 40 días después del trasplante del primer ensayo con el prototipo de jardín vertical de helechos.

Se realizó el conteo de las ramas de los helechos y las hojas de las cintas, hiedra y Espada de San Jorge de las plantas asociadas del prototipo de jardín vertical, se tomó 4 plantas al azar de cada una de las especies que fueron tomadas las medidas de la altura de la rama de estudio, al día del trasplante como el día 0, a los 10,25, 40 días después del trasplante.

2.4.2 Realización de la selección del sustrato para controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical.

Para la selección del sustrato de las plantas del prototipo de jardín vertical se tomó 4 muestras de sustratos entre las cuales son: El sustrato orgánico comercial (borita), Suelo,

Fibra de coco y turba rubia de musgo sphagnun canadiense fino (Sunshine mix 3) son de usos de jardinería.

Las cuales fueron analizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, los parámetros analizados son: pH, Porcentaje de humedad, Densidad Aparente, Temperatura, Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Materia orgánica (**Ver Anexo 2**).



Fotografía6: Sustrato Sunshine mix 3.
Responsable: Javier Tandazo.

2.4.3 Procedimiento de la medición de las condiciones ambientales como: la temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y del globo, humedad y velocidad del aire en las cabinas de ensayo con el prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada.

a. Equipos de medición de las condiciones ambientales.

Se utilizó como equipo el Anemómetro con sensor independiente TMA10, que permitió medir la velocidad (m/s), y el equipo Questem p°34 que permitió medir la temperatura bulbo húmedo, temperatura del bulbo seco, temperatura del globo y el porcentaje de humedad relativa y un ventilador fan TEKNOFS1609A, que permitió generar convección forzada.

b. Medición de las condiciones ambientales con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural y forzada.

Se realizó la medición con los equipos y se registró los datos en la ficha (**Ver anexo 2**) de las condiciones ambientales como son: Temperatura del bulbo húmedo, temperatura del

bulbo seco, temperatura del globo, humedad relativa y velocidad del vientos, en cada hora dentro de las cabinas de ensayos con y sin prototipo de jardín vertical desde las 9am a 12pm y 14pm a 17pm durante los 5 días laborales de la semana en convección natural y 5 días laborales en convección forzada con el ventilador con frecuencia uno de la velocidad dentro de las cabinas de en ensayo con y sin jardín vertical.

c. Medición de las condiciones ambientales con el prototipo de jardín vertical con la asociación en convección natural y forzada.

Se realizó la medición con los equipos y se registró los datos en la ficha (**Ver anexo 3**) de las condiciones ambientales con el prototipo de jardín vertical con la asociación de plantas se procedió con el procedimiento anterior de la medición de las condiciones ambientales con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural y forzada.

2.4.4 Procedimiento del análisis de los promedios.

Los análisis de tablas y figuras se realizaron con el programa Excel 2010 y para la comprobación de la hipótesis se utilizó la herramienta de análisis de datos de la F(Fisher) y la T-student para comparar dos varianzas y medias de una distribución normal.

2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

2.5.1 Procesamiento para el número de plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical helechos.

Calcular el número de agujeros de una de las bandejas del prototipo de jardín vertical mediante la deducción de la fórmula:

$$x=d*n*(n+1)(e).$$

Dónde:

x =longitud total.

d=diámetro del agujero.

n= número de agujero.

e=espacios entre agujero.

2.5.2 Procesamiento para el número de plantas en las bandejas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas vegetales.

Calcular el número de agujeros de cada bandeja con la fórmula anterior para el prototipo de jardín vertical de helechos

2.5.3 Procesamiento de los datos registrados de la altura de la plantas de las bandejas del prototipo de jardín vertical de helechos.

Tabla4: Registro de la altura de los helechos Nephrolepis exaltada dado en centímetros (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Helecho 1	48,2	50,3	51,5	52,0
Helecho 2	51,0	52,5	53,7	55,5
Helecho 3	46,0	47,5	50,8	51,0
Helecho 4	50,1	51,2	52,8	54,5

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero2015)

Se seleccionó un helecho (Nephrolepis Exaltada) al azar de cada bandeja del prototipo se tomó la medición de los datos en la ficha de registros (**Anexo 3**) a los 0 días como el día del trasplante y a los 10 ,25 y 40 días donde se visualiza su comportamiento de la alturas de los diferentes helechos de estudio se procesara su comportamiento de crecimiento mediante barras, de Excel 2010.

Tabla 5: Registro del número de ramas de los helechos Nephrolepis exaltata.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Helecho 1	63	67	75	79
Helecho 2	111	120	122	125
Helecho 3	105	114	115	119
Helecho 4	55	57	61	66

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró el número de ramas en la ficha (anexo2) en las mismas plantas que se realizó la medición de la altura se contó el número de ramas incluyendo los nuevos brotes el día del trasplante se considera como el día 0 y a los 10,25 y 40 días después del trasplante analizando su comportamiento en el número de ramas mediante, Excel 2010.

2.5.4 Procesamiento de los datos registrados de la altura de la plantas de las bandejas del prototipo de jardín vertical con plantas asociadas.

Se registró la altura de las ramas y hojas, se procedió el registro del número de ramas y hojas de las cuatro plantas de estudio como son: Helechos (Nephrolepis exaltata), Cintas (Chlorophytum comosum), Hiedra (Hedera hélix) y Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata), recomendados por la NASA.

Tabla 6: Registro de datos de la altura de los helechos Nephrolepis exaltata dado en centímetro (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Helecho1	54,8	55,8	57,8	58,5
Helecho2	82,5	87,5	88,5	90,0
Helecho3	76,0	80,4	81,9	92,0
Helecho4	80,0	84,8	86,0	87,5

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se realizó la selección al azar una de cada bandeja resultando cuatro plantas de estudio, se realizó el registro de los datos en ficha (**Anexo 3**) el día del trasplante como cero días después del trasplante, a los 10, 25,40 días después del trasplante analizando su diferencias de alturas.

Tabla7: Registro de datos del número ramas de los helechos Nephrolepis exaltata.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Helecho 1	56	63	73	76
Helecho 2	95	102	106	108
Helecho 3	86	90	93	95
Helecho 4	91	97	100	104

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se seleccionó al azar una planta de cada bandeja resultando cuatro plantas de estudio, se realizó el registro de los datos en la ficha (**Anexo 3**) el día del trasplante como cero días después del trasplante, a los 10, 25,40 días después del trasplante analizando su diferencias de ramas.

Tabla 8: Registro de datos de la altura de la hiedra (Hedera helix) dado en centímetros (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Hiedra 1	57,7	60,5	61,8	62,5
Hiedra 2	61,6	62,3	65,0	65,8
Hiedra 3	36,0	36,6	37,0	38,5
Hiedra 4	33,0	33,6	34,6	35,0

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se seleccionó cuatro hiedras al azar de las bandejas del prototipo de jardín vertical, se registró los datos en la ficha (**ver anexo 4**) de la altura de la rama más alta de la planta el día del trasplante como cero días después del trasplante, a los 10, 25, 40, días después del trasplante analizando sus diferencias de cada planta de estudio.

Tabla 9: Registro de datos del número de hojas de la hiedra (Hedera helix)

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Hiedra 1	51	52	56	59
Hiedra 2	48	51	54	60
Hiedra 3	65	68	74	81
Hiedra 4	58	63	70	81

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró el número de hojas en ficha (**Anexo 4**) de las cuatro plantas seleccionadas al azar de la altura, el día cero como el día del trasplante, a los 10, 25, 40 días después del trasplante analizando el comportamiento mediante diagramas de barra del número de hojas.

Tabla 10: Registro de datos de la altura de las Cintas (Chlorophytum comosum) dado en centímetros (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Cinta 1	26,0	26,7	27,4	28,5
Cinta 2	32,1	34,8	35,5	36,0
Cinta 3	28,0	33,4	34,5	36,0
Cinta 4	29,0	31,5	32,5	33,6

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró los datos de la altura en la ficha (**Anexo 4**) de las cuatro plantas al azar analizando su comportamiento mediante diagramas de barras en los días realizados la medición.

Tabla 11: Registro de datos del número hojas de las Cintas (Chlorophytum comosum).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Cinta 1	42	47	50	53
Cinta 2	19	24	24	27
Cinta 3	34	42	42	45
Cinta 4	17	26	29	31

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró los datos del número de hojas en la ficha (**Anexo 4**) de las cuatro plantas al azar analizando mediante diagramas de barras su comportamiento en el número de hojas.

Tabla 12: Registro de datos de la altura de la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) dado en centímetros (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Espada de San Jorge 1	38,0	39,8	40,5	42,0
Espada de San Jorge 2	42,0	44,1	46,0	47,0
Espada de San Jorge 3	47,0	50,3	52,0	53,5
Espada de San Jorge 4	46,5	50,9	51,4	52,5

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró los datos de la altura en la ficha (**Anexo 4**) de las cuatro plantas al azar analizando su comportamiento mediante diagramas de barras en los días realizados la medición.

Tabla 13: Registro de datos de la altura de la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) dado en centímetros (cm).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Espada de San Jorge 1	11	13	13	15
Espada de San Jorge 2	20	23	23	25
Espada de San Jorge 3	8	10	10	12
Espada de San Jorge 4	5	6	6	7

Elaborado por: Javier Tandazo (Diciembre 2014 a Enero 2015).

Se registró los datos del número de hojas en la ficha (**Anexo 4**) de las cuatro plantas al azar analizando mediante diagramas de barras su comportamiento en el número de hojas.

2.5.5 Procesamiento de las muestras de la selección del sustrato para controlar la humedad de las plantas en el prototipo de jardín vertical.

Las muestras realizadas se describen en el respectivo apartado de procedimiento, mientras que los análisis de los parámetros: pH, porcentaje de humedad, Densidad Aparente, Temperatura, Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Materia orgánica, a cargo del Laboratorio de Servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. el informe de laboratorio se detalla en el **anexo 2**.

2.5.6 Procesamiento de la medición de las condiciones ambientales como: la temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y del globo, humedad y velocidad del aire en las cabinas de ensayo con prototipo y sin prototipo de jardín vertical en convección natural y forzada.

2.5.6.1 Procesamiento de las condiciones ambientales en las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de helechos (Nephrolepis exaltada) en convección natural.

Se realizó el registro los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección natural.

Tabla 14: Registro de la temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	15,2	15,1	14,2	14,6	14,8
10am	15,2	15,0	14,6	14,5	14,8
11am	15,4	16,0	15,1	14,5	15,3
12pm	15,8	16,7	15,9	15,0	16,0
14pm	17,3	16,5	16,7	14,9	16,5
15pm	20,6	16,5	16,9	15,1	16,8
16pm	17,2	16,5	17,3	15,5	17,6
17pm	17,7	16,0	17,5	16,4	18,3

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero/2015).

Tabla 15: Registro de la Temperatura del bulbo Seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	16,6	16,0	15,1	15,1	15,4
10am	16,4	16,2	15,5	14,9	15,1
11am	16,9	16,7	16,1	15,1	15,6
12pm	17,3	17,8	16,9	15,5	16,4
14pm	18,7	17,7	16,9	15,6	17,2
15pm	25,2	18,2	17,9	15,8	17,9
16pm	19,2	18,7	18,3	16,0	18,8
17pm	18,7	18,2	18,1	17,2	19,4

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero/2015).

Tabla 16: Registro de la Temperatura del globo (Tb°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	16,8	16,6	15,2	15,0	15,3
10am	17,6	16,7	16,3	15,0	15,1
11am	17,6	17,4	16,8	15,1	16,1
12pm	18,3	18,6	18,2	15,9	17,3
14pm	18,9	17,8	17,9	15,7	17,8
15pm	23,2	18,9	18,3	15,8	18,3
16pm	19,3	18,7	18,3	16,3	19,2
17pm	19,2	18,4	18,2	17,4	19,2

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 17: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR
9am	67	78	81	85	75
10am	77	82	82	89	84
11am	76	82	83	88	85
12pm	71	77	79	89	84
14pm	78	80	81	86	85
15pm	48	78	82	88	81
16pm	78	70	83	89	81
17pm	81	72	87	84	81

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 18: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

DIAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

2.5.6.2 Procesamiento de las condiciones ambientales sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Se realizó el registro los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 en convección natural.

Tabla 19: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	14,8	15,0	14,0	14,0	15,0
10am	14,8	15,3	14,6	13,9	15,1
11am	14,8	15,7	15,0	14,3	15,5
12pm	15,5	16,4	15,5	14,5	16,4
14pm	16,8	14,8	16,7	14,8	17,7
15pm	18,6	16,8	17,0	14,8	17,5
16pm	17,3	16,4	17,0	15,8	17,9
17pm	17,1	15,7	17,6	15,9	17,7

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero/2015).

Tabla 20: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

DIAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	16,4	16,2	15,1	15,0	15,9
10am	16,8	16,5	15,8	14,9	16,1
11am	17,1	17,6	16,4	15,2	16,9
12pm	18,3	18,0	17,1	15,6	17,9
14pm	18,7	18,0	18,2	15,9	18,6
15pm	22,7	19,0	18,6	15,9	20,2
16pm	19,4	19,2	18,6	17,1	21,0
17pm	19,2	18,7	19,4	17,5	21,2

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero/2015).

Tabla 21: Registro de la Temperatura del globo (Tb°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	16,9	16,7	15,2	14,9	16,2
10am	17,9	16,9	16,3	15,0	16,8
11am	17,8	18,3	17,2	15,7	17,8
12pm	19,8	19,2	17,5	15,7	19,2
14pm	19,2	18,5	18,7	16,5	20,0
15pm	22,2	19,9	19,5	16,2	21,2
16pm	19,8	19,8	19,2	17,8	21,5
17pm	19,6	19,2	21,0	17,8	22,6

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 22: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

DIAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR
9am	54	80	80	82	77
10am	73	80	78	82	80
11am	67	76	77	83	78
12pm	64	76	75	82	75
14pm	71	71	76	82	73
15pm	54	70	75	83	70
16pm	67	66	75	82	67
17pm	72	66	75	76	64

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 23: Registro de la velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

2.5.6.3 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Se realizó el registro los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección forzada.

Tabla 24: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	16,0	15,8	15,3	14,6	14,9
10am	15,9	16,3	15,7	14,8	15,2
11am	16,2	16,5	16,1	15,7	15,7
12pm	15,8	16,8	16,3	15,9	16,0
14pm	16,7	18,1	16,5	16,8	16,2
15pm	17,7	16,3	17,5	18,1	17,4
16pm	18,4	18,5	17,5	18,7	18,7
17pm	17,7	19,2	17,3	18,5	18,7

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 25: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	16,2	15,8	15,2	14,5	15,6
10am	16,5	16,4	15,8	15,0	15,7
11am	16,6	16,8	16,5	15,9	16,5
12pm	16,8	17,3	16,7	16,2	17,4
14pm	18,2	19,1	17,5	17,7	18,7
15pm	18,7	20,3	18,3	19,2	19,4
16pm	19,6	20,3	18,7	19,8	20,9
17pm	20,3	21,4	18,6	19,8	21,3

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 26: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	16,5	16,1	15,6	15,0	16,0
10am	16,5	16,8	16,1	15,7	16,3

11am	16,9	17,2	16,9	16,9	16,9
12pm	17,0	17,8	16,9	17,6	18,4
14pm	18,6	19,6	17,6	18,4	19,6
15pm	18,7	20,8	18,7	20,0	20,0
16pm	20,1	20,4	19,0	20,5	21,8
17pm	20,4	21,8	18,7	20,1	21,6

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 27: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR
9am	85	88	87	89	75
10am	86	90	91	90	85
11am	85	89	90	90	84
12pm	83	87	89	86	77
14pm	80	84	83	83	64
15pm	84	64	85	81	69
16pm	81	75	82	80	70
17pm	67	70	81	79	67

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 28: Registro de la velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,72	0,75	0,96	0,76	1,38
10am	0,47	0,89	1,01	0,90	0,95
11am	0,91	0,94	0,95	0,90	0,88
12pm	0,67	0,97	0,89	0,80	0,96
14pm	0,91	0,89	1,01	0,94	0,86
15pm	0,94	0,84	0,91	0,95	0,86
16pm	1,42	0,84	1,07	1,08	0,91
17pm	1,16	1,13	0,99	0,90	0,92

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

2.5.6.4 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzado.

Se realizó el registro de los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección forzada.

Tabla 29: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	15,3	14,6	14,0	13,4	13,8
10am	14,9	14,7	14,3	13,8	13,8
11am	14,4	15,0	14,6	14,2	14,3
12pm	14,4	14,3	14,5	14,4	14,4
14pm	15,5	15,8	14,7	15,6	15,1
15pm	15,6	16,4	16,4	17,0	16,2
16pm	18,1	17,2	16,5	16,6	16,4
17pm	16,4	17,5	15,4	15,5	16,1

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 30: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	17,1	16,6	16,1	15,2	16
10am	17,6	17,3	16,8	16,1	16,3
11am	17,7	17,8	17,5	16,9	17,6
12pm	18,9	18,8	18,1	17,7	18,6
14pm	20,7	21,5	19,1	20	20
15pm	21,3	23,4	20,9	22,1	21,5
16pm	22,4	22,6	20,5	21,8	23
17pm	21,5	23,9	20,2	21,2	22,3

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 31: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	17,3	16,9	16,4	16,6	16,5

10am	17,9	17,5	17,3	16,6	16,8
11am	18,1	18,5	17,9	17,5	18,0
12pm	19,8	19,4	18,7	18,3	19,6
14pm	21,4	23,0	19,6	21,0	21,0
15pm	22,0	24,3	21,4	23,2	22,4
16pm	23,0	23,1	21,1	22,2	24,0
17pm	21,7	24,1	20,4	21,6	22,6

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 32: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%.HR) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR	%.HR
9am	77	75	73	76	71
10am	72	72	74	73	70
11am	67	69	71	70	64
12pm	58	59	66	66	55
14pm	56	55	62	63	51
15pm	53	47	62	57	50
16pm	62	55	58	55	44
17pm	52	58	57	50	45

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

Tabla 33: Registro de la velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,45	1,16	0,63	0,83	1,04
10am	0,70	0,63	0,80	0,77	0,80
11am	0,73	0,85	0,62	0,90	0,88
12pm	0,93	0,73	0,77	0,98	0,84
14pm	0,85	0,92	0,63	1,02	0,94
15pm	0,89	0,90	0,88	0,96	0,87
16pm	1,01	0,70	1,02	0,81	0,85
17pm	1,16	0,98	0,87	0,88	0,89

Elaborado por: Javier Tandazo (Enero 2015).

2.5.6.5 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.

Se realizó el registro de los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección natural.

Tabla 34: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	14,9	14,9	15,8	15,1	16,4
10am	14,9	15,3	16,1	15,8	17,1
11am	16,0	15,9	17,9	16,4	17,6
12pm	16,5	16,6	17,1	17,0	18,0
14pm	18,2	18,2	17,7	17,9	18,8
15pm	18,6	18,4	18,2	18,0	17,9
16pm	18,7	17,5	18,8	18,9	18,6
17pm	18,3	20,0	20,0	18,5	19,2

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 35: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	15,1	15,9	16,1	15,7	16,8
10am	15,5	16,0	16,4	16,1	17,6
11am	16,6	16,5	17,3	16,7	8,2
12pm	17,5	17,6	18,3	17,5	18,8
14pm	19,2	19,5	19,8	19,1	20
15pm	20,0	19,9	20,1	19,4	19,5
16pm	20,2	21,4	20,9	20,5	19,7
17pm	19,5	21,8	21,8	19,9	20,3

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 36: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	15,7	16,1	16,6	15,8	18,3
10am	16,2	15,7	16,6	16,5	18,5
11am	17,5	17,0	18,8	17,5	19,5
12pm	18,7	18,3	19,8	18,3	20,2
14pm	20,5	21,0	21,8	19,8	21,6

15pm	21,6	21,4	21,7	20,5	19,6
16pm	20,7	21,9	21,7	20,9	20,7
17pm	19,7	22,6	22,7	20,4	20,8

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 37: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR
9am	80	78	81	79	84
10am	80	82	86	84	83
11am	81	83	83	87	82
12pm	77	78	75	83	80
14pm	79	76	69	81	76
15pm	73	74	71	73	75
16pm	73	68	69	72	77
17pm	72	67	71	73	80

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 38: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

2.5.6.6 Procesamiento de las condiciones ambientales de las cabinas de ensayos sin el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas, en convección natural.

Se realizó el registro de los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección natural.

Tabla 39: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	13,8	14,5	14,8	14,0	16,1
10am	14,4	14,5	15,1	14,4	16,4
11am	15,0	15,3	15,8	14,8	16,6
12pm	15,6	15,5	15,6	15,5	17,4
14pm	16,7	16,9	16,5	16,9	18,0
15pm	16,9	16,9	17,3	16,9	17,0
16pm	17,3	17,6	17,8	16,8	17,1
17pm	16,6	17,6	18,1	17,0	16,9

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 40: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	15,6	16,1	16,5	16	17,3
10am	16,4	16,5	17	16,4	17,8
11am	17,7	17,5	18,2	17,1	18,6
12pm	18,5	18,4	19	18	19,4
14pm	20,2	20,3	20,5	20,5	20,5
15pm	20,9	20,7	21,9	21,8	20,5
16pm	21,3	22	22,7	21,5	20,5
17pm	20,5	22,8	23,1	21,4	20,5

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 41: Registro de la Temperatura del Globo (Tg°C) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	16,3	16,8	17,3	16,3	18,5
10am	17,4	17,5	17,6	16,9	18,7
11am	19,0	18,5	19,7	17,6	19,9
12pm	19,8	20,1	20,3	18,6	21,1
14pm	22,0	22,9	23,1	22,1	22,1
15pm	21,9	22,4	23,8	23,9	21,5
16pm	22,6	24,0	24,0	22,7	21,8
17pm	21,3	24,3	24,8	22,1	21,8

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 42: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR
9am	71	72	70	67	76
10am	71	71	71	67	73
11am	66	69	66	68	71
12pm	64	65	60	67	71
14pm	62	63	55	56	68
15pm	58	59	56	53	64
16pm	57	57	52	50	61
17pm	53	50	51	53	60

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 43: Registro de la Velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11am	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17pm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

2.5.6.7 Procesamiento de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Se realizó el registro de los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección forzada.

Tabla 44: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	16,8	16,3	15,3	15,1	14,2
10am	16,9	16,9	16	16,1	14,7
11am	17,1	17,1	16,1	16,5	15,2
12pm	17,6	16,9	16,5	16,6	15,8
14pm	19,1	18,1	17,4	17,3	17,1
15pm	19,4	19,2	17,8	18,0	18,2
16pm	19,5	19,9	19,2	18,1	18,7
17pm	18,5	19,7	19,3	17,9	19,1

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 45: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	17,3	16,4	16,3	16,2	15,0
10am	17,5	16,7	16,5	16,8	15,4
11am	17,8	17,1	17,4	17,3	16,4
12pm	18,2	17,7	17,9	18,2	17,5
14pm	20,9	19,1	20,0	19,4	19,5
15pm	21,0	20,4	20,4	20,3	20,2
16pm	21,2	21,2	21,1	20,2	20,9
17pm	20,3	21,0	21,7	20,3	21,4

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 46: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	17,7	16,8	16,0	16,8	15,4
10am	17,8	17,5	17,1	17,6	16,3
11am	18,1	17,3	18,1	18,2	17,4
12pm	19,2	18,2	18,4	19,2	18,8
14pm	21,3	19,8	21,5	20,2	20,8
15pm	21,5	20,9	21,2	21,1	21,1
16pm	21,7	22,0	21,9	20,8	21,6
17pm	20,4	21,5	22,3	20,8	22,1

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 47: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR
9am	85	87	80	80	79
10am	83	92	85	83	84
11am	84	93	82	83	81
12pm	85	86	80	79	77
14pm	65	80	67	72	70
15pm	76	82	68	72	73
16pm	74	80	73	72	71
17pm	73	78	71	66	68

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 48: Registro de la Velocidad del viento (m/s) con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	1,69	1,53	1,64	1,66	1,84
10am	1,43	1,45	1,61	1,82	1,76
11am	1,49	1,60	1,78	1,76	1,58
12pm	1,53	1,63	1,71	1,78	1,62
14pm	1,72	1,51	1,65	1,76	1,52
15pm	1,51	1,58	1,68	1,62	1,65
16pm	1,70	1,60	1,61	1,73	1,52
17pm	1,86	1,87	1,63	1,69	1,41

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

2.5.6.8 Procesamiento de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo sin el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Se realizó el registro de los datos de cada una de las condiciones ambientales medidas por 5 días en convección forzada.

Tabla 49: Registro de la Temperatura del bulbo húmedo (Tbh°C) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C	Tbh°C
9am	15,1	15,1	14,6	14,6	14,1
10am	15,4	14,7	14,7	14,8	14,7
11am	15,4	15,4	14,6	15,1	14,6
12pm	15,8	15,9	14,8	15,0	15,1
14pm	17,3	16,9	16,0	15,9	16,2

15pm	19,4	17,8	16,9	16,5	16,8
16pm	16,4	17,7	17,2	16,4	17,3
17pm	16,3	16,9	16,5	16,6	17,4

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 50: Registro de la Temperatura del bulbo seco (Tbs°C) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C	Tbs°C
9am	17,8	17,0	16,8	17,0	16,4
10am	15,8	17,4	17,3	17,5	17,3
11am	18,5	18,1	18,0	18,1	18,2
12pm	19,6	19,3	19,1	19,0	19,3
14pm	21,9	21,3	21,5	21,3	22,0
15pm	21,8	21,3	22,6	22,3	22,9
16pm	21,9	23,4	23,3	22,0	23,7
17pm	21,3	22,6	23,4	22,3	23,7

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 51: Registro de la Temperatura del globo (Tg°C) sin el prototipo de jardín vertical en asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C	Tg°C
9am	17,7	17,4	17,2	17,5	16,8
10am	17,9	17,9	17,9	18,2	18,0
11am	18,6	18,3	18,7	18,7	18,9
12pm	20,3	19,6	19,6	19,4	19,9
14pm	22,0	21,6	22,5	21,8	22,6
15pm	22,3	23,1	23,4	22,8	23,5
16pm	22,3	24,1	24,0	22,4	24,3
17pm	21,4	23,0	23,8	23,0	23,7

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 52: Registro del Porcentaje de humedad relativa (%HR) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	%HR	%HR	%HR	%HR	%HR
9am	69	74	73	72	75
10am	71	70	71	69	74
11am	67	72	66	68	65
12pm	63	67	60	63	61
14pm	58	64	52	55	53

15pm	55	59	53	53	51
16pm	52	53	51	53	48
17pm	55	52	46	52	49

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

Tabla 53: Registro de la velocidad del viento (m/s) sin el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HORA	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
9am	1,60	1,32	1,49	1,56	1,77
10am	1,45	1,21	1,48	1,73	1,60
11am	1,36	1,48	1,53	1,66	1,49
12pm	1,52	1,43	1,62	1,66	1,55
14pm	1,34	1,50	1,61	1,71	1,47
15pm	1,54	1,53	1,58	1,57	1,36
16pm	1,40	1,78	1,54	1,67	1,34
17pm	1,45	1,73	1,51	1,62	1,44

Elaborado por: Javier Tandazo (Febrero 2015).

2.5.6.9 Procesamiento y análisis de la hipótesis.

Se utilizó la prueba de F (Fisher) y de T- student para comparar las medias y las varianzas de dos muestras que provienen de una distribución normal.

¿La implementación de un prototipo de jardín vertical de asociación de plantas y de una sola planta permitirá cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada?

Hipótesis alterna: Ha

La implementación de un prototipo de jardín vertical de asociación de plantas y de una sola planta permitirá cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada

Hipótesis nula: Ho

La implementación de un prototipo de jardín vertical de asociación de plantas y de una sola planta no permitirá cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada.

Cuadro 1: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	15,79	17,01
Martes	16,10	17,10
Miércoles	16,38	17,70
Jueves	15,79	17,20
Viernes	16,94	17,95
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	16,1975	17,3925
Varianza	0,231203125	0,16809375
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,375441532	
P(F<=f) una cola	0,382448592	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	16,1975	17,3925
Varianza	0,231203125	0,16809375
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,199648438	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	4,228681267	
P(T<=t) una cola	0,001440765	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,002881531	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,0028 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura del bulbo húmedo con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Cuadro 2: Comparaciones de promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Lunes	18,89	17,95
Martes	19,29	18,58
Miércoles	19,86	18,84
Jueves	19,09	18,11
Viernes	19,39	17,61
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Media	19,3025	18,2175
Varianza	0,134875	0,240203125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	0,561503935	
P(F<=f) una cola	0,294923778	
Valor crítico para F (una cola)	0,156537812	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Media	19,3025	18,2175
Varianza	0,134875	0,240203125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,187539062	
Diferencia hipotética de las medias	0	

Grados de libertad	8	
Estadístico t	3,961447203	
P(T<=t) una cola	0,002084286	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,004168572	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,0041 < 0,05$, esto indica existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura del bulbo seco con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Cuadro 3: Comparación de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	20,04	18,83
Martes	20,81	19,25
Miércoles	21,33	19,96
Jueves	20,03	18,71
Viernes	18,18	19,90
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	20,075	19,33
Varianza	1,430078125	0,341921875
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	4,182470411	
P(F<=f) una cola	0,097329798	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		

Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR $P \leq$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR $P >$ NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	20,075	19,33
Varianza	1,430078125	0,341921875
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,886	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	1,251438225	
P(T<=t) una cola	0,123063956	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,246127913	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,246127913 > 0,05$, esto indica no existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura del globo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

Cuadro 4: Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural.

DIAS	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo (%HR)
Lunes	62,75	76,88
Martes	63,25	75,75
Miércoles	60,13	75,63
Jueves	60,13	79,00
Viernes	68,00	79,63
Prueba F para varianzas de dos muestras		

	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo (%HR)
Media	62,85	77,375
Varianza	10,3859375	3,4140625
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	3,042105263	
P(F<=f) una cola	0,15333052	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo (%HR)
Media	62,85	77,375
Varianza	10,3859375	3,4140625
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	6,9	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-8,74302258	
P(T<=t) una cola	1,1459E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	2,2918E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis la alternativa ya que $2,2918E-05 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios del porcentaje de humedad con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

No existe diferencia significativa en la velocidad del viento en convección natural por tener valores de ceros en las cabinas con y sin prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección natural

Cuadro 5: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	16,39	18,11
Martes	16,30	18,01
Miércoles	15,66	17,20
Jueves	15,61	16,95
Viernes	15,78	16,63
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	15,9475	17,38
Varianza	0,135265625	0,430984375
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	0,313852735	
P(F<=f) una cola	0,143927895	
Valor crítico para F (una cola)	0,156537812	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muertas con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin	Promedio con prototipo(Tbh°C)

	prototipo(Tbh°C)	
Media	15,9475	17,38
Varianza	0,135265625	0,430984375
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,283125	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	4,256724326	
P(T<=t) una cola	0,00138685	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,002773699	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,0027 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo húmedo con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Cuadro 6: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Lunes	19,83	19,28
Martes	20,05	18,70
Miércoles	20,25	18,91
Jueves	19,94	18,59
Viernes	20,44	18,29
Prueba F para varianzas de dos muestras		
Media	20,16875	18,621875
Varianza	0,048802083	0,067851562
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,719247745	
P(F<=f) una cola	0,396504235	
Valor crítico para F (una cola)	0,107797789	
Ho= Varianzas son iguales		

Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogénea		
VALOR $P \leq$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR $P >$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	20,1	18,7525
Varianza	0,060234375	0,136203125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,09821875	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	6,798319588	
P(T<=t) una cola	6,90298E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,00013806	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,00013 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa de los promedios diarios de las temperaturas del bulbo húmedo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Cuadro 7: Comparaciones de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	20,31	19,71
Martes	20,63	19,25
Miércoles	20,89	19,56
Jueves	20,48	19,34
Viernes	20,96	19,19
Prueba F para varianzas de dos muestras		

	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	20,6525	19,41
Varianza	0,074796875	0,04878125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,53331198	
P(F<=f) una cola	0,344442735	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	20,6525	19,41
Varianza	0,074796875	0,04878125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,061789062	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	7,903338784	
P(T<=t) una cola	2,38283E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	4,76566E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $4,76566E-05 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura del globo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Cuadro 8: Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Lunes	61,25	78,13
Martes	63,88	84,75
Miércoles	59,00	75,75
Jueves	60,63	75,88
Viernes	59,50	75,38
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Media	60,85	77,975
Varianza	3,6515625	15,5109375
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	9,58125	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	8,747611733	
P(T<=t) una cola	1,14151E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	2,28302E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Media	60,85	77,975
Varianza	3,6515625	15,5109375
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	8,747611733	
P(T<=t) una cola	6,17728E-05	

Valor crítico de t (una cola)	1,943180281	
P(T<=t) dos colas	0,000123546	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446911851	

Responsable: Javier Tandazo

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,00012 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios del porcentaje de humedad con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Cuadro 9: Comparación de los promedios de la velocidad del viento de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)
Lunes	1,46	1,62
Martes	1,50	1,60
Miércoles	1,54	1,66
Jueves	1,65	1,73
Viernes	1,50	1,61
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)
Media	1,529916667	1,643333333
Varianza	0,00522816	0,002803733
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,864714078	
P(F<=f) una cola	0,280488115	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)

Media	1,529916667	1,643333333
Varianza	0,00522816	0,002803733
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,004015946	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	2,829781751	
P(T<=t) una cola	0,011078827	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,022157653	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,022157653 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la velocidad del viento con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzada.

Cuadro 10: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	16,21	16,80
Martes	15,76	16,04
Miércoles	15,93	16,03
Jueves	14,75	15,06
Viernes	16,60	16,26
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	15,85	16,0375
Varianza	0,479296875	0,395703125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,211253702	
P(F<=f) una cola	0,428566205	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		

TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR $P \leq$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR $P >$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	15,85	16,0375
Varianza	0,479296875	0,395703125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,4375	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-0,448210729	
P(T<=t) una cola	0,332945599	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,665891197	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,66 > 0,05$, esto indica que no existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo Húmedo con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Cuadro 11: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(BS°C)
Lunes	18,58	18,63
Martes	17,9	17,44
Miércoles	17,4	16,85
Jueves	15,89	15,65
Viernes	18,48	16,98
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(BS°C)

Media	17,65	17,1075
Varianza	1,1941	1,15496875
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,033880787	
P(F<=f) una cola	0,487507508	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(BS°C)
Media	17,65	17,1075
Varianza	1,1941	1,15496875
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	1,174534375	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	0,791474416	
P(T<=t) una cola	0,22574674	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,451493479	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,45 > 0,05$, esto indica que no existe diferencia significativa en .los promedios de la temperatura de bulbo seco con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Cuadro 12: Comparación de los promedios de la temperatura del globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	19,15	18,86
Martes	18,56	16,64
Miércoles	18,08	17,40
Jueves	16,2	15,78
Viernes	19,41	17,29
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	18,28	17,1925
Varianza	1,61965	1,289578125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,255953376	
P(F<=f) una cola	0,415272476	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	18,28	17,1925
Varianza	1,61965	1,289578125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	1,454614063	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	1,425690905	
P(T<=t) una cola	0,095893606	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,191787213	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,19 > 0,05$, esto indica que no existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo seco con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural

Cuadro 13: Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Días	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Lunes	65,25	76,50
Martes	73,13	78,00
Miércoles	76,38	82,00
Jueves	81,50	88,00
Viernes	73,00	82,50
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Media	73,85	81,4
Varianza	35,0265625	20,175
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,736136927	
P(F<=f) una cola	0,303086758	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Media	73,85	81,4
Varianza	35,0265625	20,175

Observaciones	5	5
Varianza agrupada	27,60078125	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	2,272250818	
P(T<=t) una cola	0,026352478	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,052704955	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,052 > 0,05$, esto indica que no existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo seco con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

En la velocidad del viento no existen cambios significativos por tener promedios de valores de cero con y sin prototipo de jardín vertical de helechos.

Cuadro 14: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo húmedo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	16,21	16,80
Martes	15,76	16,04
Miércoles	15,93	16,03
Jueves	14,75	15,06
Viernes	16,60	16,26
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	15,85	16,0375
Varianza	0,479296875	0,395703125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,211253702	
P(F<=f) una cola	0,428566205	

Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR $P \leq$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR $P >$ NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Media	15,85	16,0375
Varianza	0,479296875	0,395703125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,4375	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-0,448210729	
P(T<=t) una cola	0,332945599	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,665891197	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis nula ya que $0,66 > 0,05$, esto indica que no existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo húmedo con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Cuadro 15: Comparación de los promedios de la temperatura del bulbo seco de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Lunes	19,65	17,86
Martes	20,24	18,43
Miércoles	18,65	17,16
Jueves	18,88	17,26
Viernes	19,41	18,19
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Media	19,365	17,78
Varianza	0,399015625	0,3095
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,289226575	
P(F<=f) una cola	0,405747319	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Media	19,365	17,78
Varianza	0,399015625	0,3095
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,354257813	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	4,210557016	
P(T<=t) una cola	0,001476812	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,002953625	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,0029 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura de bulbo seco con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Cuadro 16: Comparación de los promedios de la temperatura globo de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	20,15	18,09
Martes	20,85	18,81
Miércoles	19,10	17,44
Jueves	19,63	18,03
Viernes	20,11	18,83
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	19,9675	18,2375
Varianza	0,42575	0,345859375
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	1,230991642	
P(F<=f) una cola	0,422624241	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Media	19,9675	18,2375
Varianza	0,42575	0,345859375
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,385804687	

Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	4,403848372	
P(T<=t) una cola	0,001137512	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,002275024	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0,0022 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios de la temperatura del globo con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Cuadro 17: Comparación de los promedios del porcentaje de humedad relativa de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(%H.R)	Promedio con prototipo(%H.R)
Lunes	62,13	81,38
Martes	61,25	80,88
Miércoles	65,38	86,00
Jueves	63,75	84,75
Viernes	56,25	73,88
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(%H.R)	Promedio con prototipo(%H.R)
Media	61,75	81,375
Varianza	11,9453125	22,3203125
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
F	0,535176759	
P(F<=f) una cola	0,279853319	
Valor crítico para F (una cola)	0,156537812	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		

Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR $P \leq$ NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR $P >$ NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(%H.R)	Promedio con prototipo(%H.R)
Media	61,75	81,375
Varianza	11,9453125	22,3203125
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	17,1328125	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-7,496617264	
P(T \leq t) una cola	3,47499E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T \leq t) dos colas	6,94997E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $6,94997E-05 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios del porcentaje de humedad con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Cuadro 18: Comparación de los promedios de la velocidad del viento de la semana sin prototipo y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Días	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con promedio(m/s)
Lunes	0,84	0,90
Martes	0,86	0,91
Miércoles	0,78	0,97
Jueves	0,89	0,91
Viernes	0,89	0,96
Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con promedio(m/s)
Media	0,8525	0,93
Varianza	0,00216033	0,001286111
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4

F	1,679738121	
P(F<=f) una cola	0,31383645	
Valor crítico para F (una cola)	6,388232909	
Ho= Varianzas son iguales		
Ha= las varianzas son distintas		
T STUDENT		
TRES ESCENARIOS		
Una Muestra Relacionada Antes Y Después de una intervención		
Dos Muestras con varianzas homogéneas		
Dos Muestras con varianza Heterogenia		
VALOR P<= NIVEL SIGNIFICANCIA, SE RECHAZA HIPOTESIS NULA		
VOLOR P> NIVEL SIGNIFICANCIA,SE HACETPA HIPOTESIS NULA		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con promedio(m/s)
Media	0,8525	0,93
Varianza	0,00216033	0,001286111
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0,00172322	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	-2,951897562	
P(T<=t) una cola	0,009186158	
Valor crítico de t (una cola)	1,859548038	
P(T<=t) dos colas	0,018372315	
Valor crítico de t (dos colas)	2,306004135	

Responsable: Javier Tandazo.

Análisis.

Se aceptan la hipótesis alternativa ya que $0.018 < 0,05$, esto indica que existe diferencia significativa en los promedios del porcentaje de humedad con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS.

3.1 Determinación de la asociación de plantas y de una sola planta para el prototipo de jardín vertical que permita adecuadas condiciones ambientales.

3.1.1 Los resultados del jardín vertical de helechos (Nephrolepis exaltata).

Una vez diseñado el prototipo de jardín vertical de helechos mediante la aplicación de la formula mencionado en el apartado de los procedimiento tenemos como resultado 6 plantas en cada bandeja con un total de 24 plantas ornamentales de la misma especie la distribución de las plantas se muestra en la **figura 1**.

3.1.2 Los resultados de la asociación de plantas.

Diseñado el prototipo de jardín vertical de helechos mediante la aplicación de la formula mencionado en el apartado de los procedimientos tenemos como resultado 6 plantas en cada bandeja con un total de 24 plantas ornamentales de distinta especie la distribución de las plantas se muestra en la **figura 2**.

3.1.3 Resultados de los registros de la altura de las ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical con helechos.

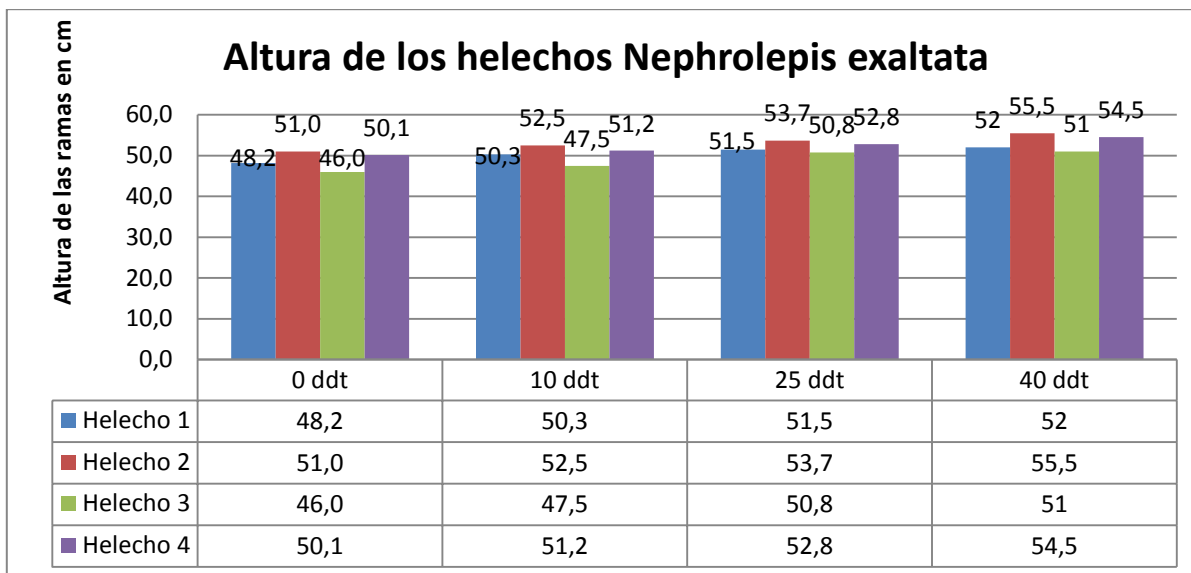


Figura 3: Altura de los helechos *Nephrolepis exaltata*.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 3 podemos apreciar al medir el helecho número (*Nephrolepis exaltata*) que en el día del trasplante tenía una altura de 48, 2cm, trascurrido los 40 días este llega a medir 52 cm, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para el helecho 2 ,3 y 4.

3.1.4 Resultados de los registros del número de ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical de helechos.

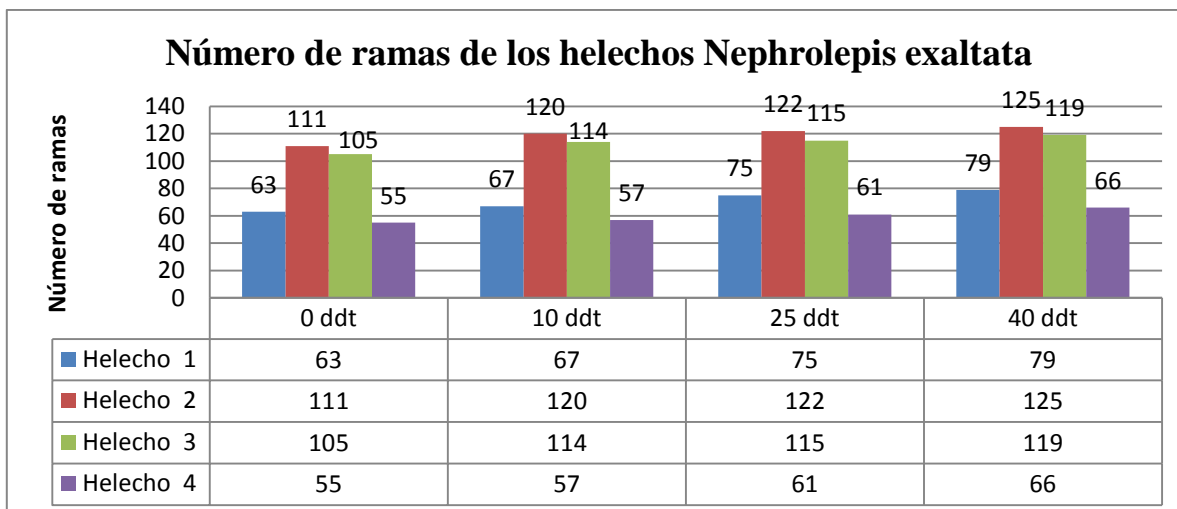


Figura 4: Número de ramas del *Nephrolepis exaltata*.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 4 podemos apreciar que al contar las ramas del helecho (*Nephrolepis exaltata*) número 1, que en el día del trasplante tenía 63 ramas, transcurrido los 40 días este llega a tener 79 ramas, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para el helecho 2, 3 y 4.

3.1.5 Resultados de la altura de las ramas de las plantas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas.

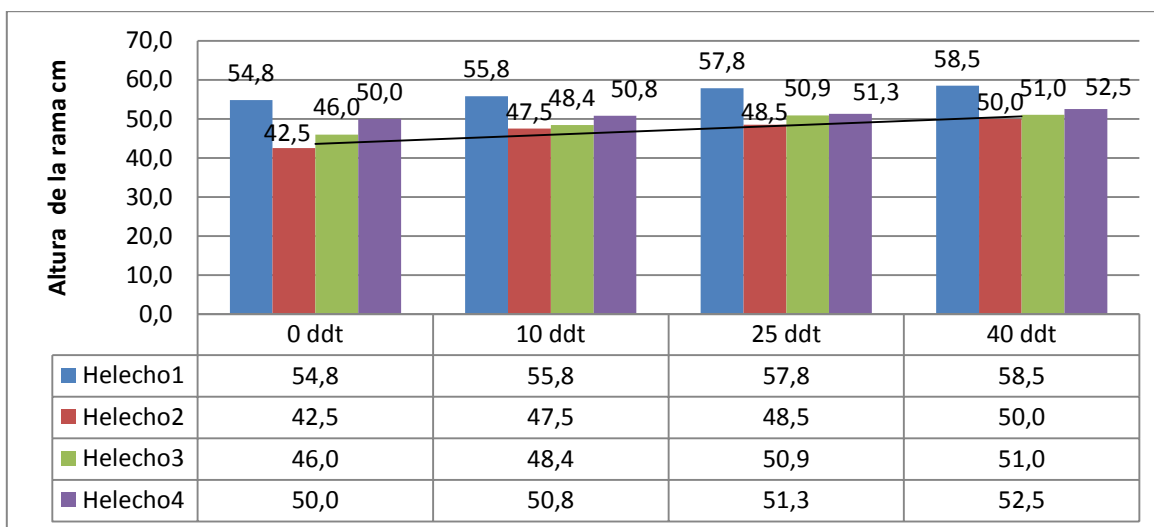


Figura 5: Altura de los helechos (*Nephrolepis exaltata*).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 5 podemos apreciar al medir el helecho (*Nephrolepis exaltata*) número 1 que en el día del trasplante tenía una altura de 54.8 cm, transcurrido los 40 días este llega a medir 58,5 cm, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para el helecho 2 ,3 y 4.

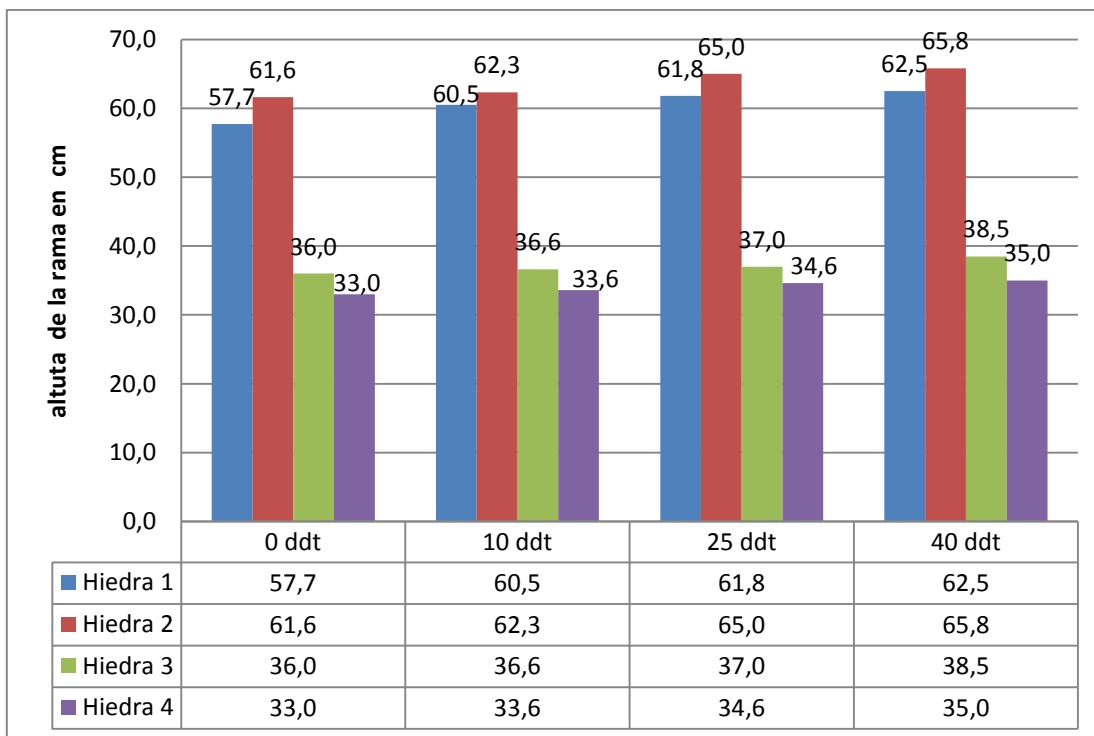


Figura 6: Altura de las hiedras (Hedera helix).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 6 podemos apreciar al medir la hiedra (Hedera helix) número 1 que en el día del trasplante tenía una altura de 57,7 cm, transcurrido los 40 días este llega a medir 62,5 cm, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para la hiedra 2 ,3 y 4.

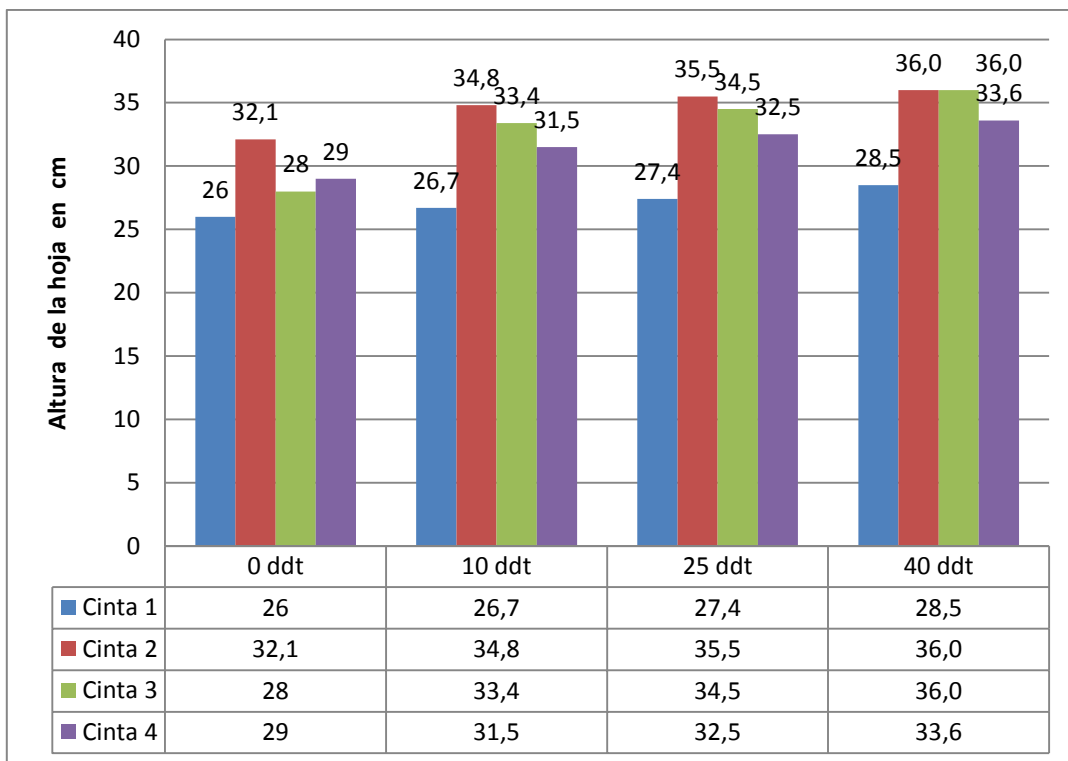


Figura 7: Altura de la Cinta (Chlorophytum comosum).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 7 podemos apreciar al medir la Cinta (Chlorophytum comosum) número 1 que en el día del trasplante tenía una altura de 26 cm, transcurrido los 40 días este llega a medir 28,5 cm, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para la Cinta 2 ,3 y 4.

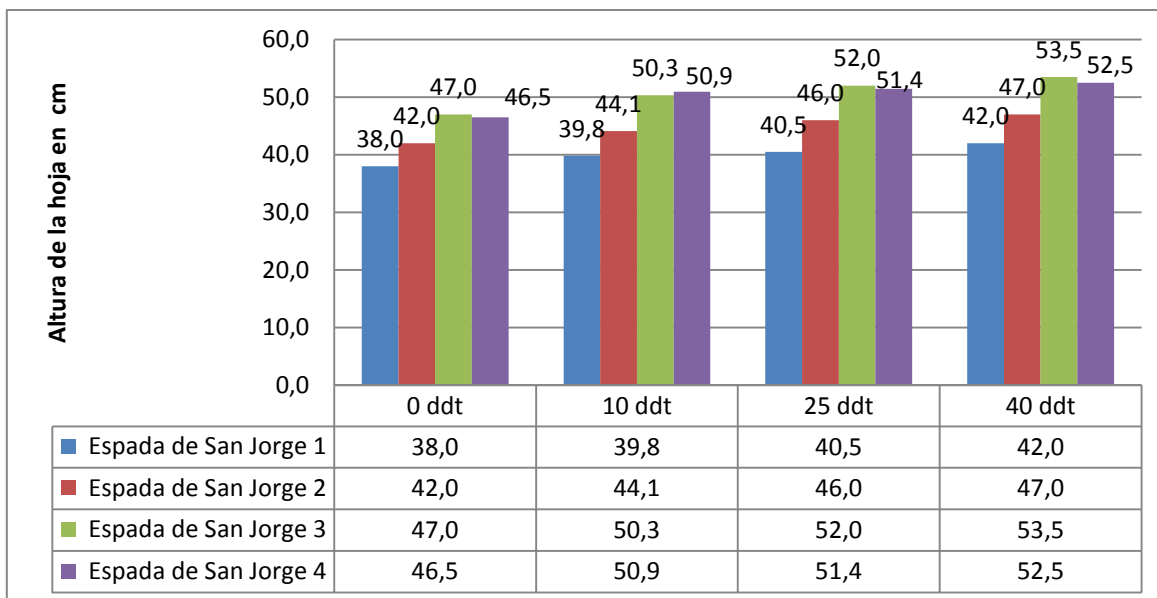


Figura 8: Altura de la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 8 podemos apreciar al medir la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) número 1 que en el día del trasplante tenía una altura de 38 cm, transcurrido los 40 días este llega a medir 42 cm, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para la Espada de San Jorge 2 ,3 y 4.

3.1.6 Resultados del número de ramas y hojas de las plantas del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas.

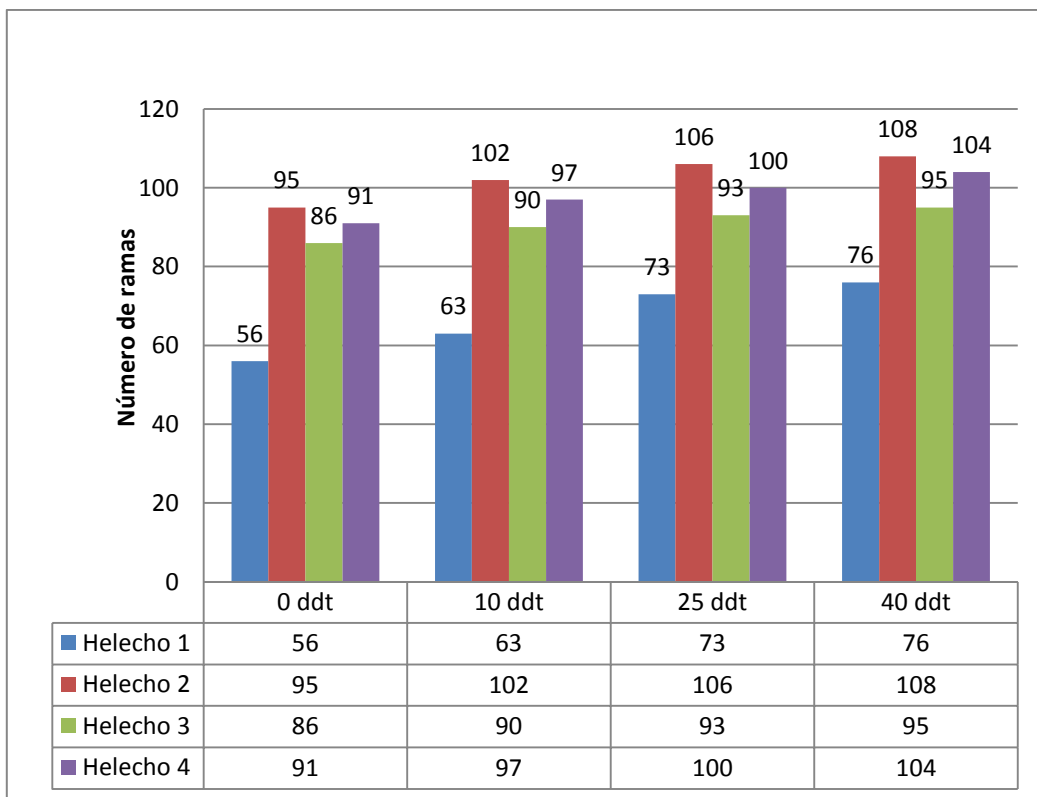


Figura 9 Número de ramas de los Helecho (Nephrolepis exaltada).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 9 podemos apreciar al contar el Helecho (Nephrolepis exaltada) número 1, que en el día del trasplante tenía 56 ramas , trascurrido los 40 días este llega a tener 76 hojas, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para el Helecho (Nephrolepis exaltada) 2 ,3 y 4.

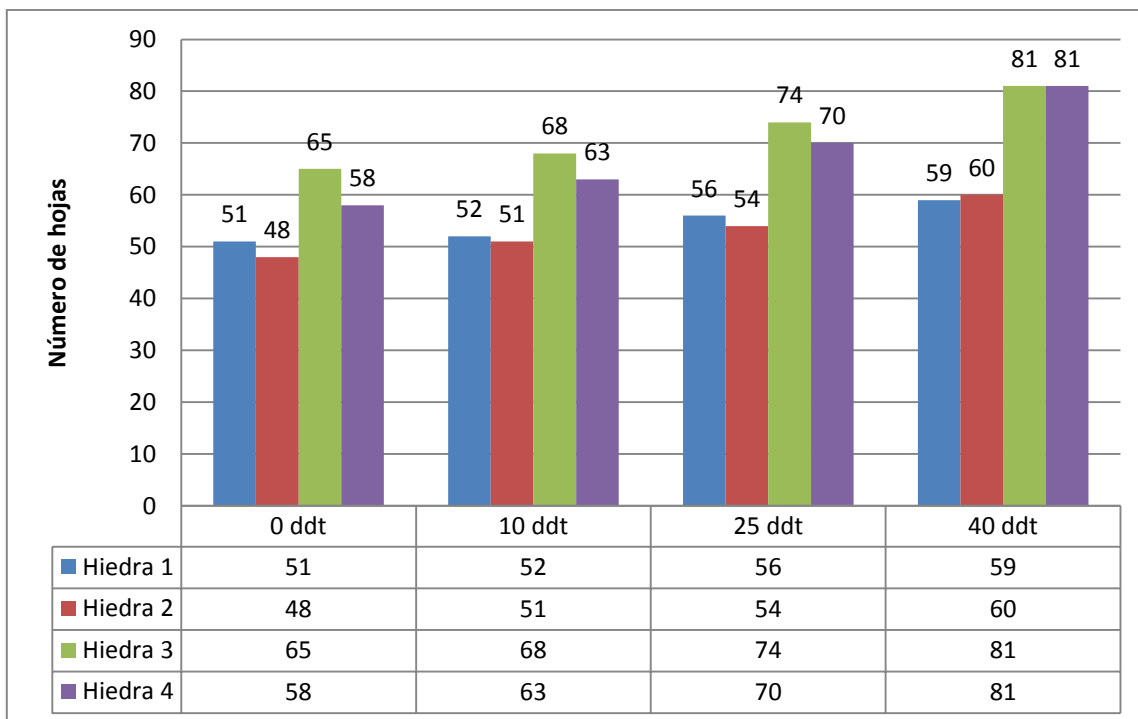


Figura 10: Número de ramas de las hiedras (Hedera helix).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 10 podemos apreciar al contar la hiedra (Hedera helix) número 1, que en el día del trasplante tenía 51 hojas, trascurrido los 40 días este llega a tener 59 hojas, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para las hiedras (Hedera helix) 2, 3 y 4.

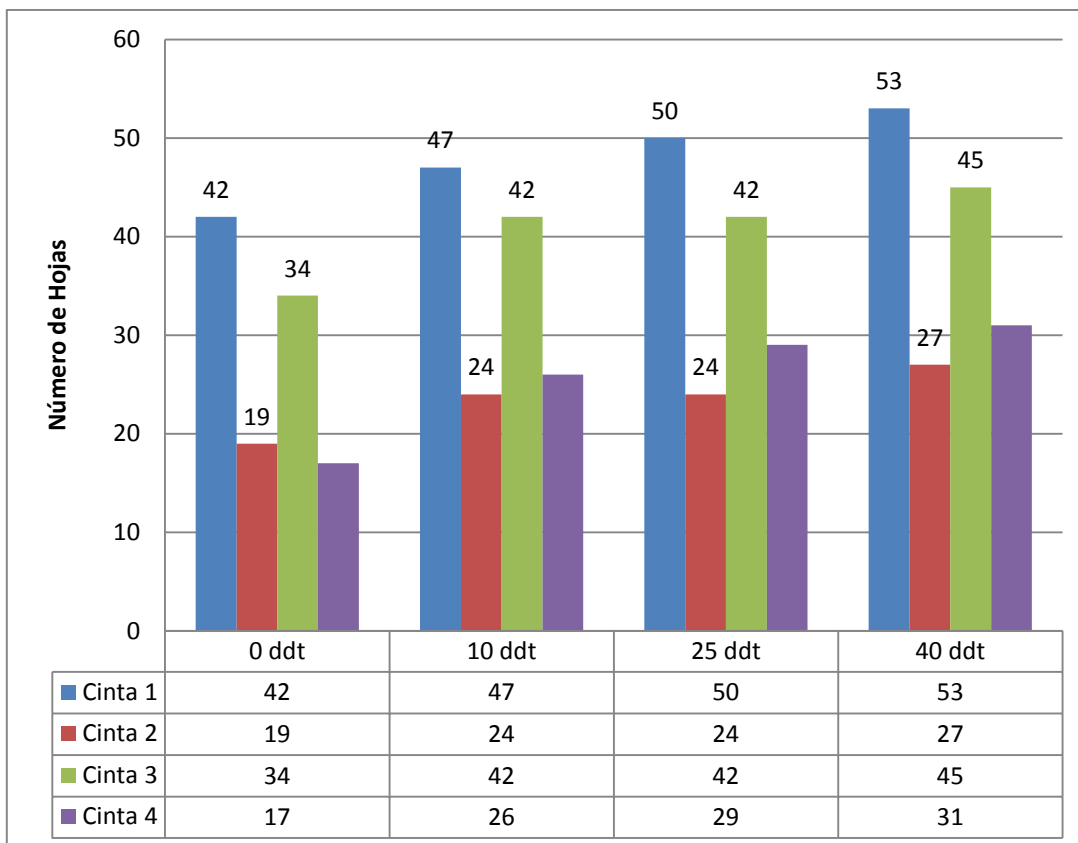


Figura 11 Número de hojas de las Cintas (Chlorophytum comosum).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 11 podemos apreciar al contar la Cinta (Chlorophytum comosum) número 1, que en el día del trasplante tenía 52 hojas, transcurrido los 40 días este llega a tener 53 hojas, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para la Cinta 2 ,3 y 4.

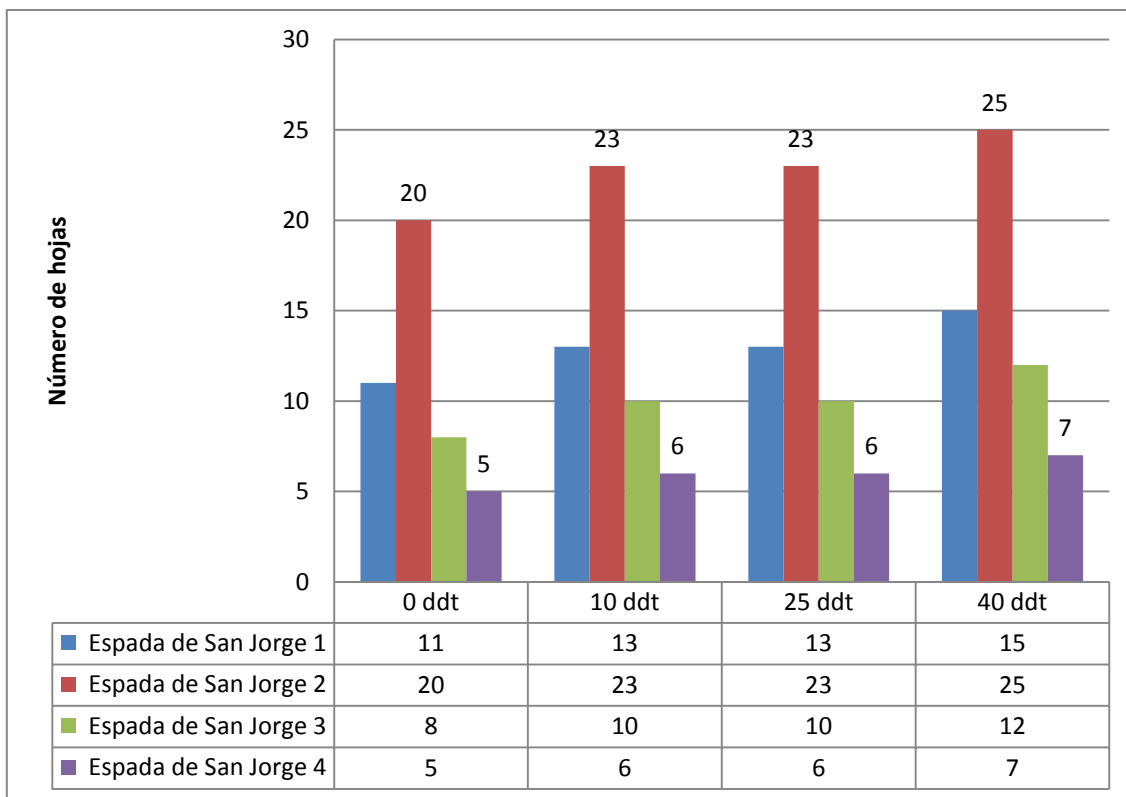


Figura 12: Número de hojas de la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata).

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 10 podemos apreciar al contar la Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) número 1, que en el día del trasplante tenía 11 hojas, transcurrido los 40 días este llega a tener 15 hojas, esto indica que la planta se encuentra desarrollándose adecuadamente, lo mismo se puede apreciar para la Espada de San Jorge 2 ,3 y 4.

3.2 Resultados de los análisis de laboratorio de los sustratos.

El envío de las muestras se realizó el martes 23 de Septiembre del 2014 y entregado el informe de los resultados fue el primero de Octubre del 2014 (**Anexo 2**) los parámetros analizados en el laboratorio son: pH, Porcentaje de Humedad, Densidad Aparente, Temperatura, Potasio, Nitrógeno, Fosforo y materia orgánica como se muestra en las figuras a continuación.

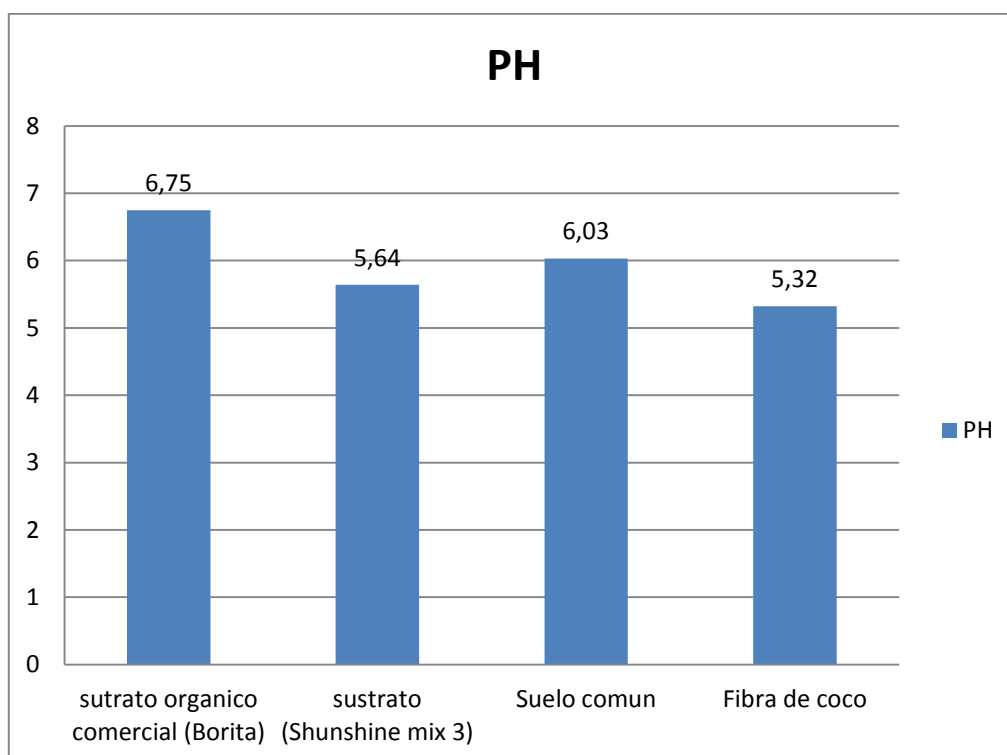


Figura 13: pH de los diferentes sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra el sustrato orgánico comercial (Borita) tiene el pH más alto de 6.75, y la fibra de coco tiene el menor pH de 5.32.

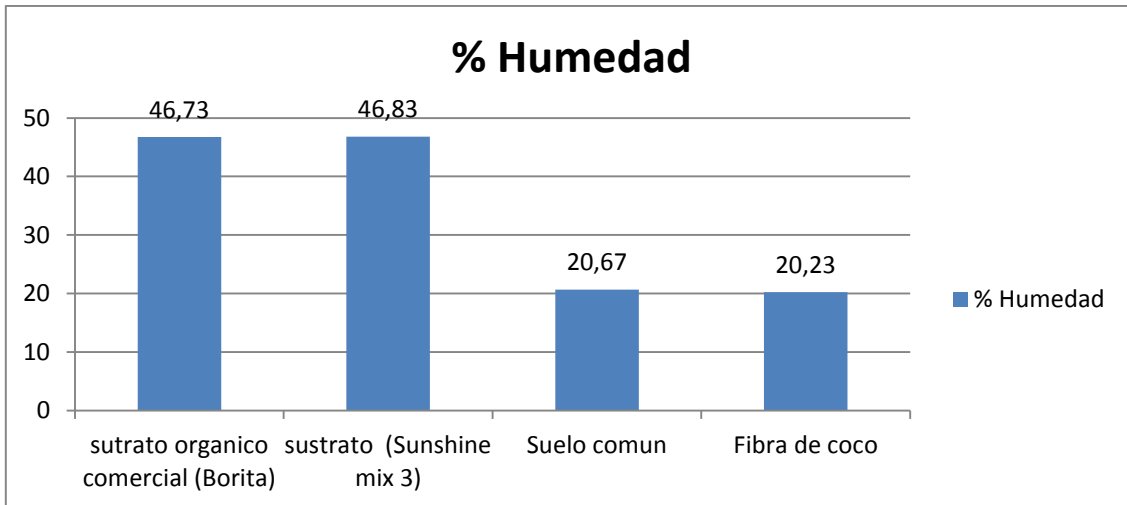


Figura 14: Porcentaje de Humedad sustratos.
Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que el sustrato orgánico (Sunshine mix 3) tiene el porcentaje de humedad más alto de 46,83%, y la fibra de coco tiene el menor porcentaje de humedad de 20,23%.

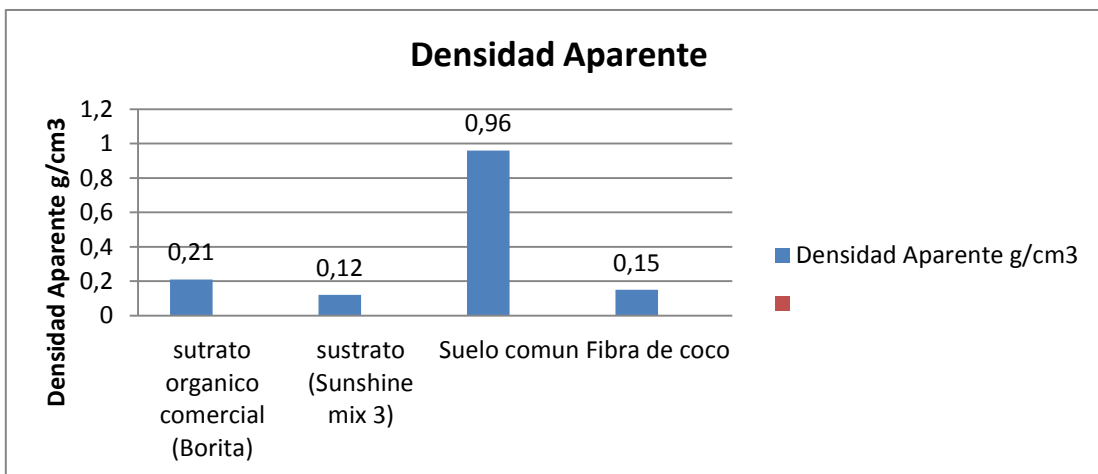


Figura 16: Densidad Aparente de los sustratos.
Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

En la figura se muestra que el suelo común tiene la Densidad Aparente más alto de 0,96 g/cm³, y el sustrato orgánico comercial (Sunshine mix 3) tiene la menor Densidad Aparente de 0,12 g/cm³.

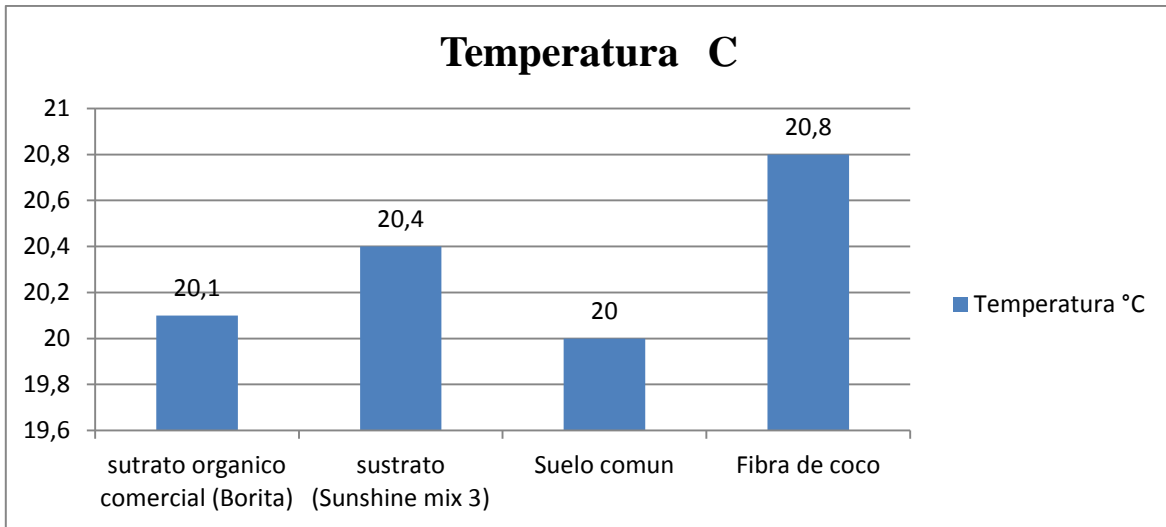


Figura 15: Temperatura de los sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que la Fibra de coco tiene la temperatura más alta de 20,8 °C, y el suelo común tiene la menor de 20 °C.

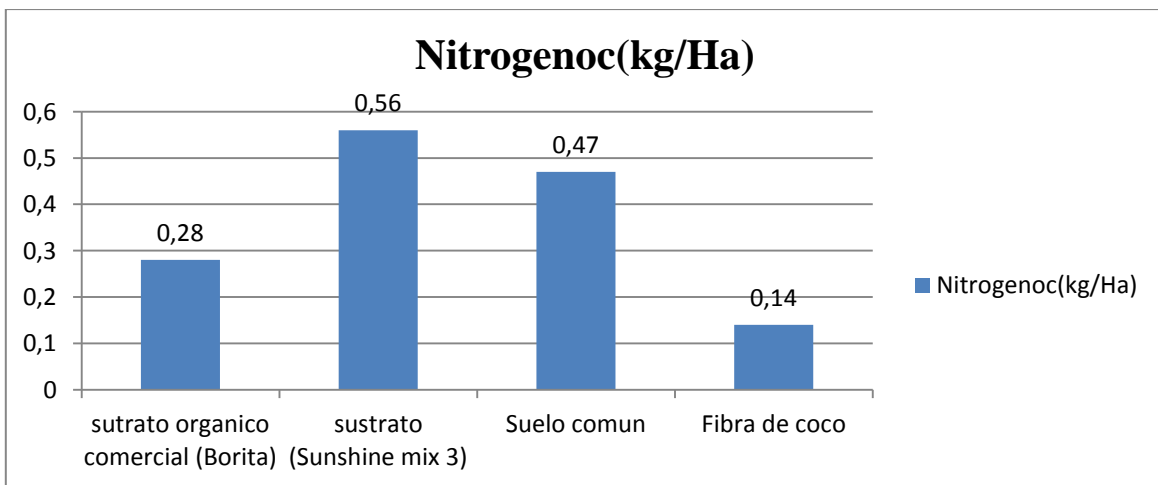


Figura 17: Nitrógeno de los sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que el sustrato (Sunshine mix 3) tiene la cantidad de Nitrógeno más alta de 0,56 kg/Ha, y la Fibra de coco tiene la menor cantidad de 0,14 kg/Ha.

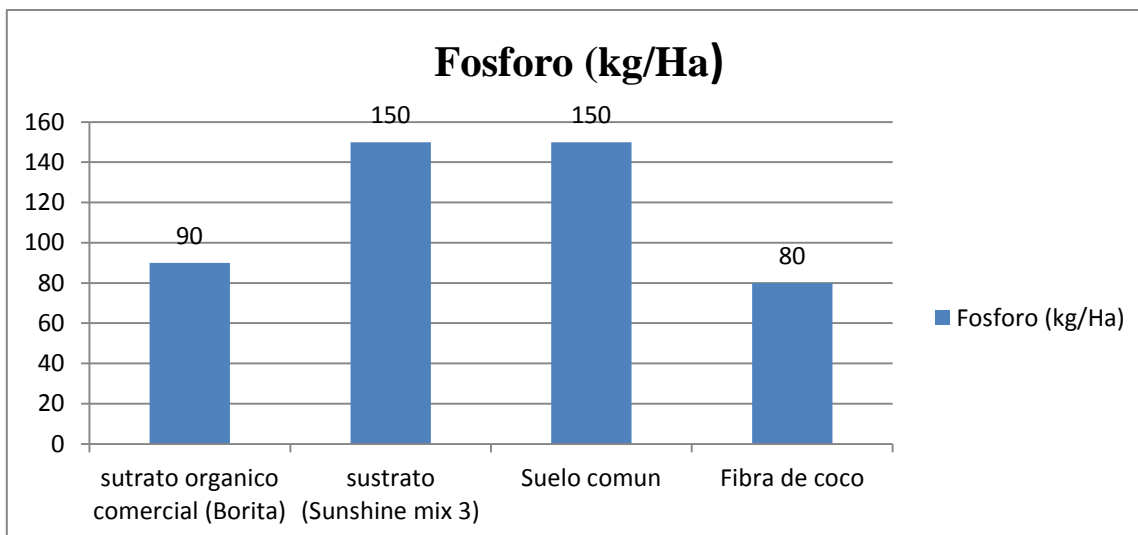


Figura 18: Fosforo de los sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que el sustrato (Sunshine mix 3) y el suelo común tienen el Fosforo más alto de 150 y 150 kg/Ha, y la Fibra de coco tiene la menor cantidad de Fosforo de 80 kg/ha.

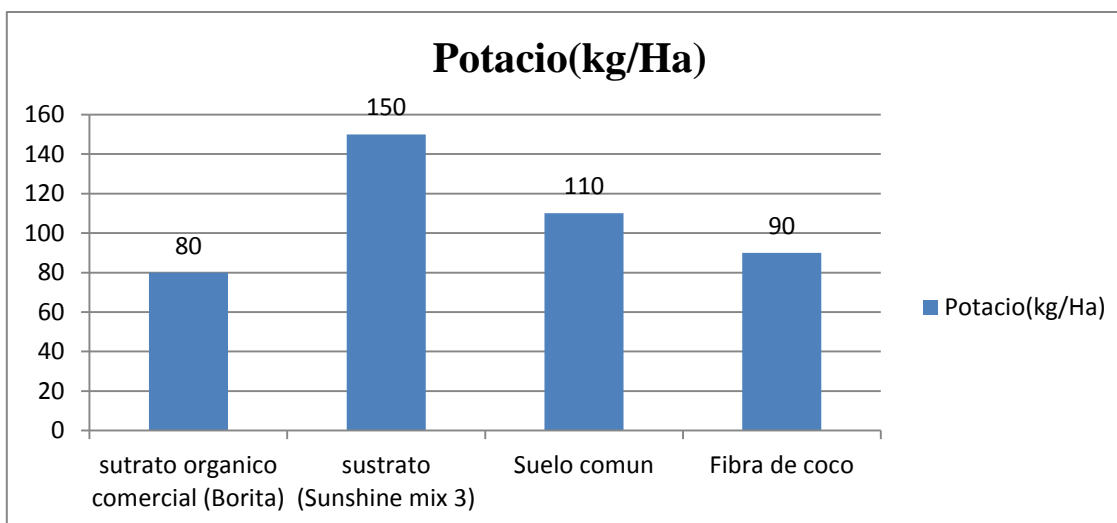


Figura 19: Potasio de los sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que el sustrato (Sunshine mix 3) tiene la cantidad de Fosforo más alto de 150 kg/Ha, y el sustrato orgánico comercial (Borita) tiene la menor cantidad de 80 kg/Ha.

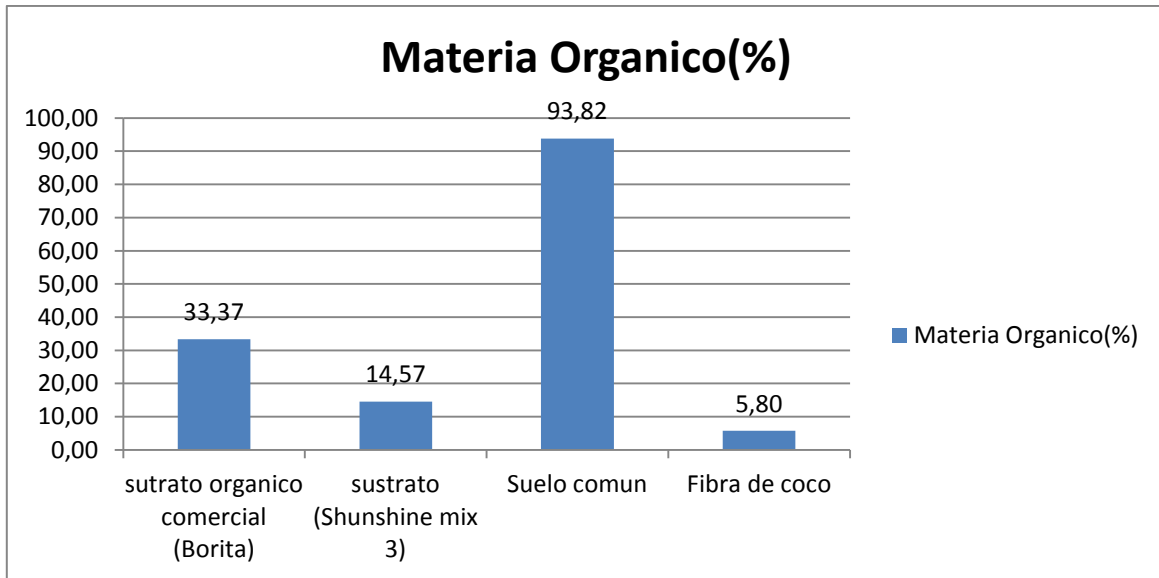


Figura 20: Materia Orgánica de los sustratos.

Responsable: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).

En la figura se muestra que el suelo común tiene la cantidad de Materia Orgánica más alta de 93.83 %, y la Fibra de coco tiene la menor cantidad de Materia Orgánica de 5,83%.

3.3 Resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural en las cabinas de ensayo.

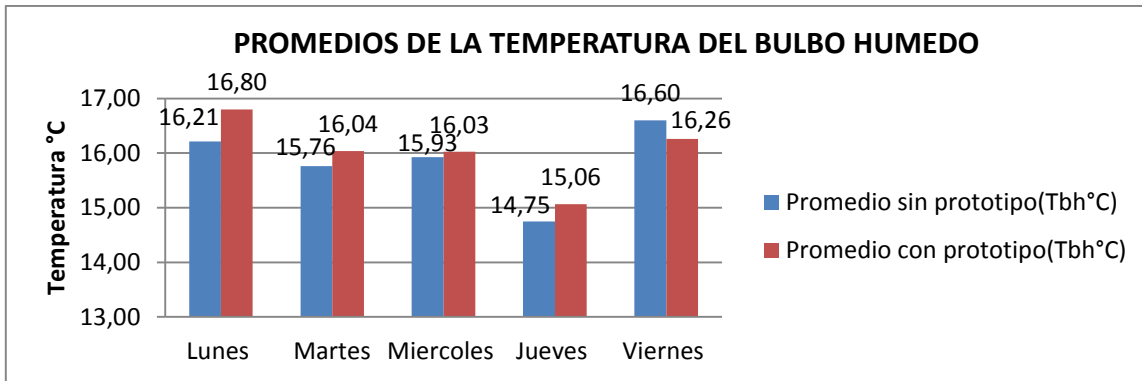


Figura 21: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura 19 se muestra y se analizó los promedios de cada día resultando el día lunes con una Temperatura de bulbo húmedo más alta de 16,80 °C, el día jueves como la más baja de 15,06 °C con el prototipo y mientras sin prototipo la Temperatura de bulbo húmedo se tiene el día viernes la más alta de 16,60 °C y el día jueves la más baja de 14,75°C, se tiene en todos los días una temperatura de bulbo húmedo mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin prototipo jardín vertical.

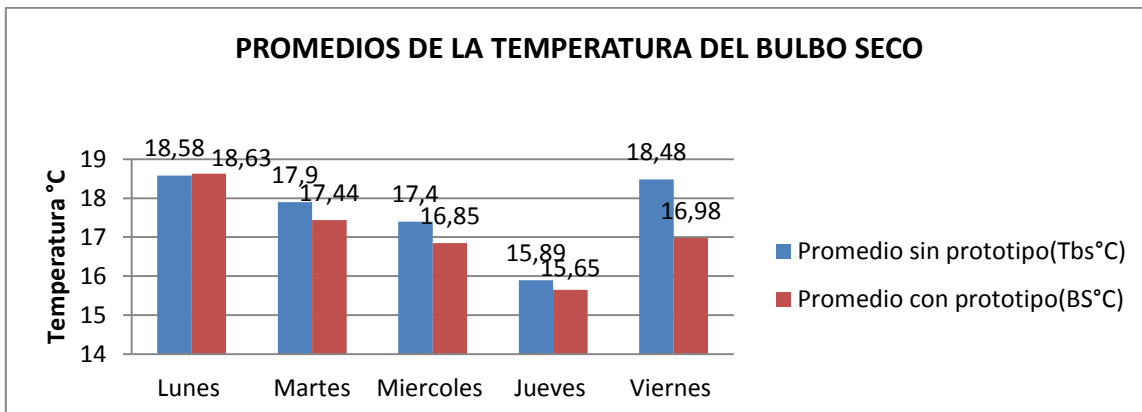


Figura 23: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día lunes con una temperatura de bulbo seco más alta de 18,58 °C, y el día jueves como las más baja de 15,65°C con el prototipo y mientras que la temperatura de bulbo seco sin prototipo se tiene

el día viernes como la más alta de 18,48°C y el día jueves la más baja de 15,89°C, se tiene en todos los días una temperatura de bulbo del bulbo seco mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

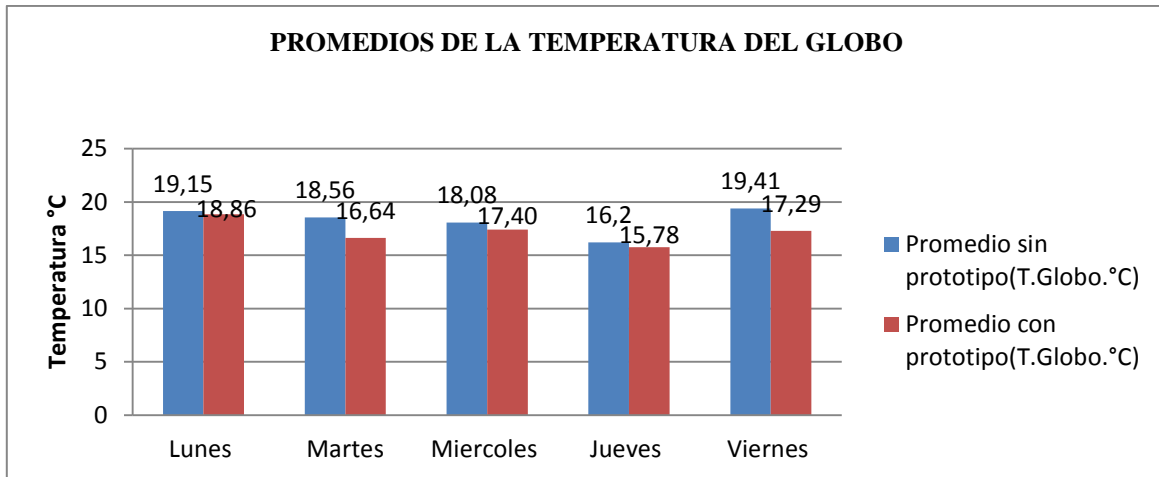


Figura 22: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.
Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Lunes con una Temperatura del globo más alta de 18,86°C, y el día jueves como la más baja de 15,78°C con el prototipo y mientras que la Temperatura de bulbo húmedo sin prototipo se tiene el día Viernes como la más alta de 19,41°C y el día jueves la más baja de 16,2°C, se tiene en todos los días una temperatura del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

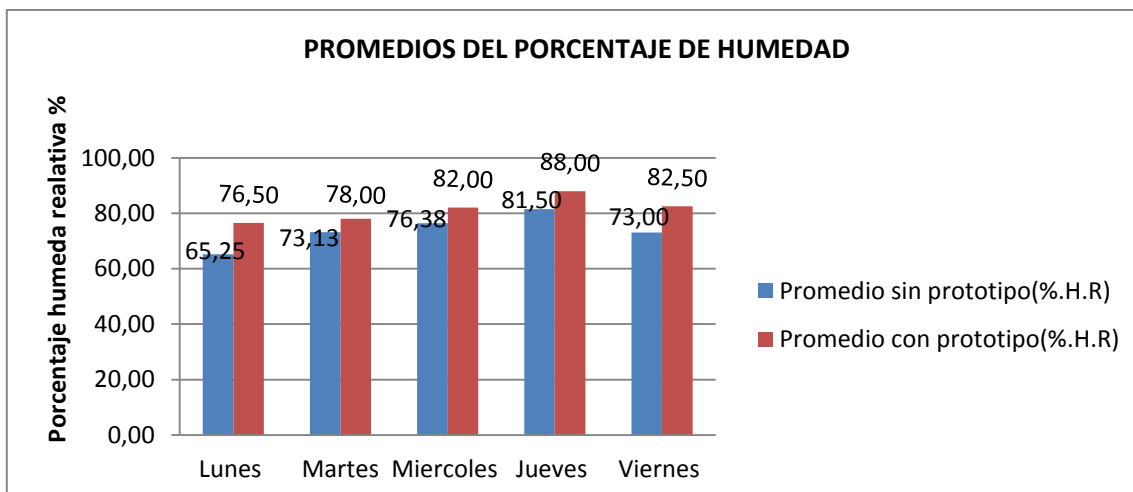


Figura 24: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Jueves con el porcentaje de humedad relativa más alta de 88%, y el día Lunes con la más baja de 76,5% con el prototipo y mientras que el porcentaje de humedad relativa sin el prototipo se tiene el día Jueves como la más alta de 81,50% y el día Lunes la más baja 65,25%, se tiene en todos los días un porcentaje de humedad relativa mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

Los resultados de los promedios de la velocidad del viento con y sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural son de 0.

3.4 Resultado del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

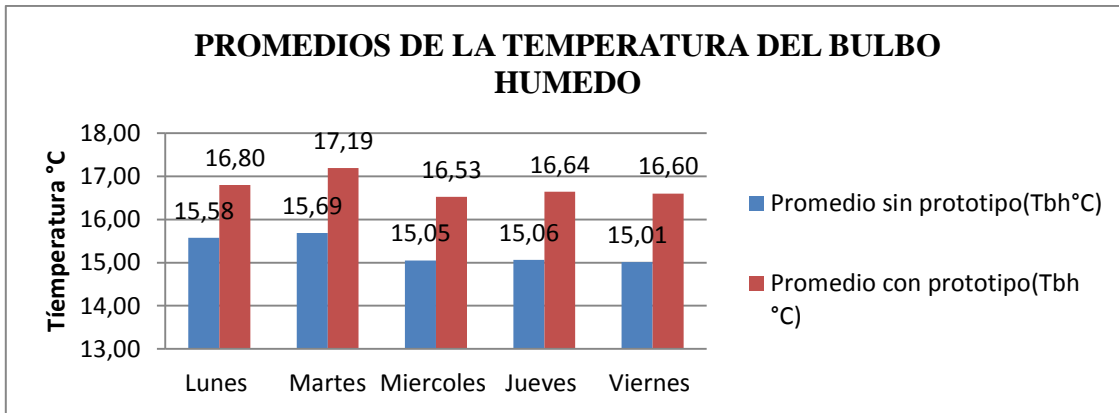


Figura 25: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.
Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Martes con una Temperatura de bulbo húmedo con la más alta de 16,64°C y el día Miércoles con la más baja de 16,53°C con el prototipo y mientras sin el prototipo la Temperatura de bulbo húmedo se tiene el día Martes la más alta 15,69 °C, y el día Viernes la más baja de 15,01°C, se tiene en todos los días una Temperatura de bulbo húmedo mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin prototipo de jardín vertical.

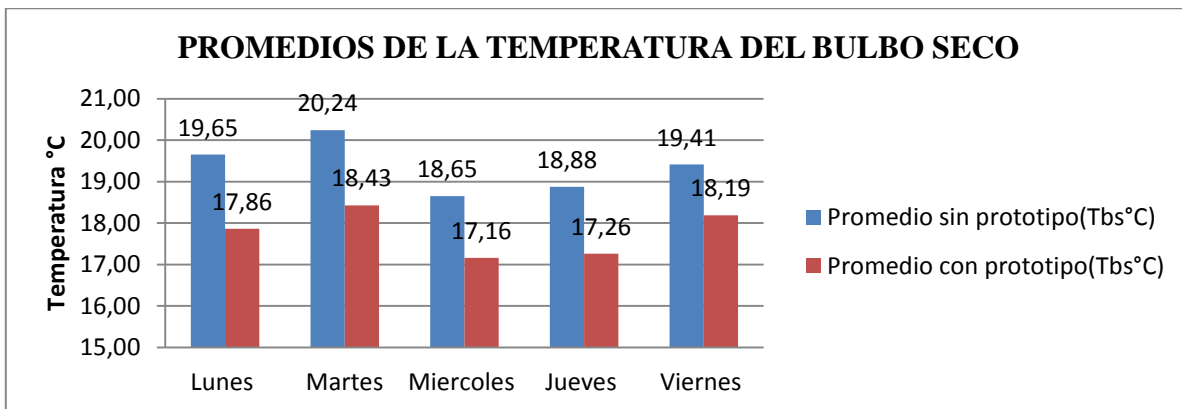


Figura 26: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.
Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Martes con una Temperatura de bulbo seco más alta de 18,48°C, y el día Miércoles con la temperatura de bulbo seco más baja de 17,16°C con el prototipo, y mientras que la Temperatura de bulbo seco sin el prototipo se tiene el día Martes como la más alta de 20,24 °C y el día Miércoles la más baja de 18,88°C sin el prototipo, se tiene en todos los días una Temperatura de bulbo del bulbo seco mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

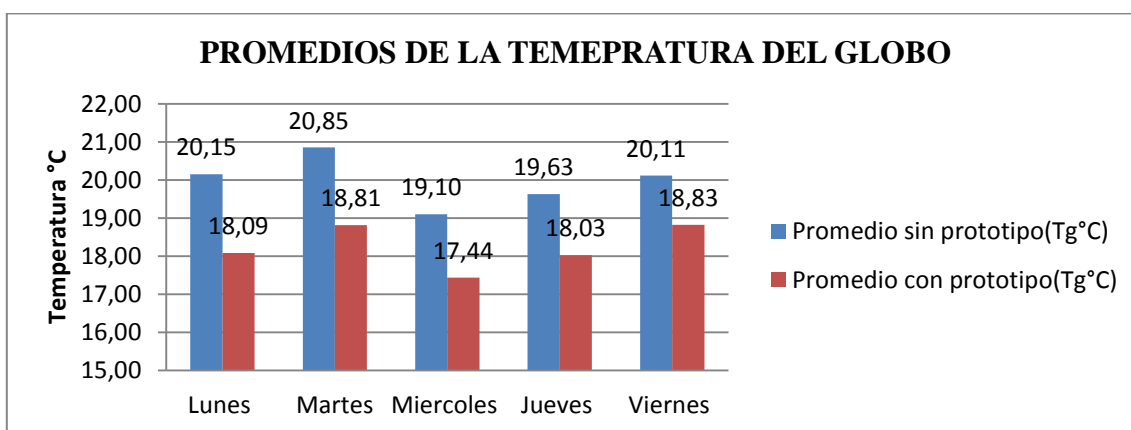


Figura 27: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Viernes con una Temperatura del globo más alta de 18,83°C, y el día Miércoles la más baja de 17,44°C con el prototipo, mientras que la Temperatura de bulbo húmedo sin prototipo se tiene el día Martes como la más alta de 20,85°C y el día Miércoles la más baja de 19,10°C, se tiene en todos los días una Temperatura del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

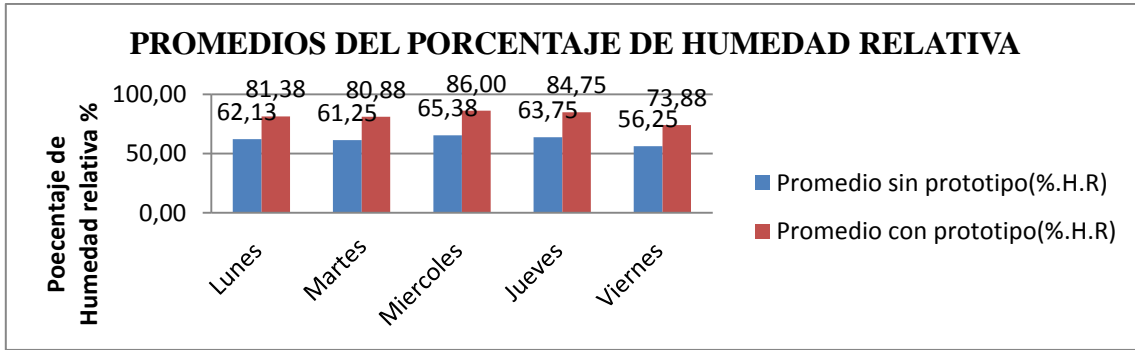


Figura28: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Miércoles con el Porcentaje de humedad relativa más alta de 86%, y el día Viernes con la más baja de 73,88% con el prototipo, mientras que el porcentaje de humedad relativa sin prototipo se tiene el día Miércoles con la más alta de 65,38%, y el día Viernes la más baja de 56,25%, se tiene en todos los días el Porcentaje de humedad relativa mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

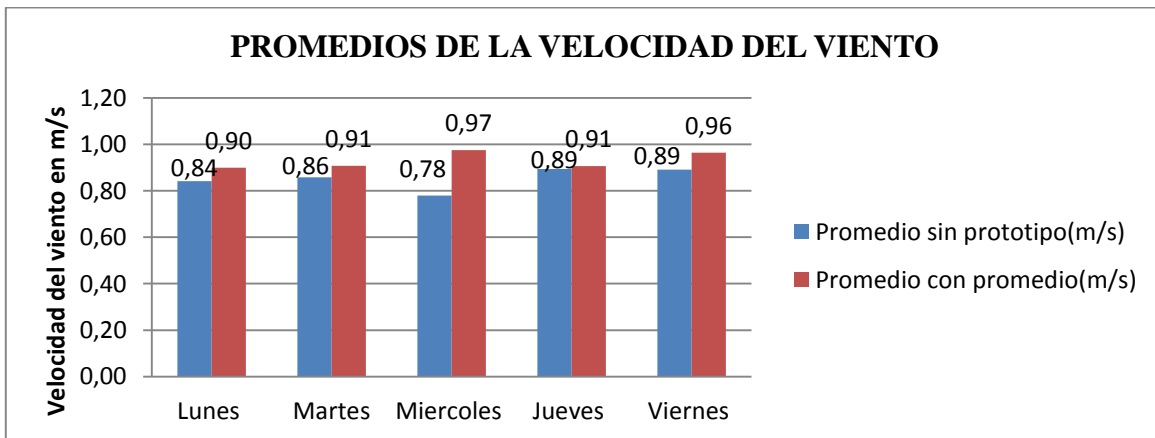


Figura29: Promedios de la velocidad del viento sin y con prototipo de jardín vertical de Helechos en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Miércoles la Velocidad del viento como la más alta de 0,97m/s, y el día lunes como la más baja de 0,90 m/s con el prototipo, mientras que la velocidad sin prototipo se tiene el día

jueves y Viernes como las más alta de 0,89m/s, y el día Miércoles la más baja de 0,78 m/s, se tiene en todos los días la Velocidad del viento mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

3.5 resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural.

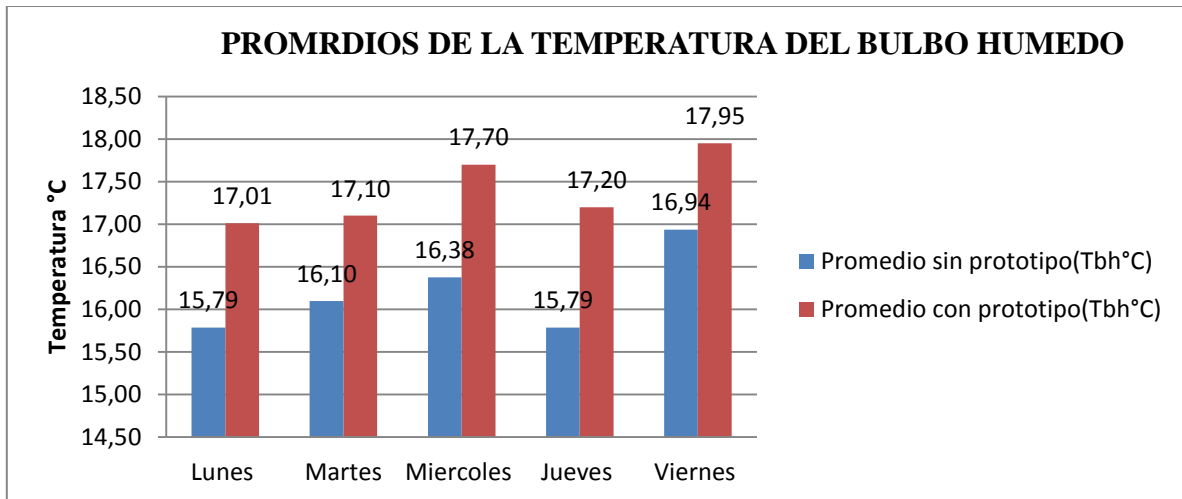


Figura 30: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Viernes con una Temperatura de bulbo húmedo más alta de 17,95 °C y el día Lunes con la más baja de 17.01°C con el prototipo, mientras sin el prototipo la Temperatura de bulbo húmedo se tiene el día Viernes la más alta de 16,94°C, y el día Lunes y Jueves son las más baja de 15,79°C, se tiene en todos los días una Temperatura de bulbo húmedo mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin prototipo de jardín vertical.

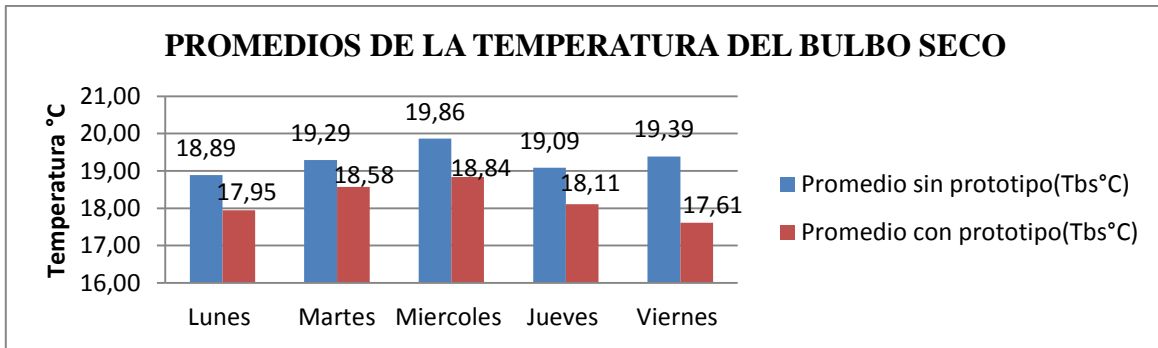


Figura 31: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Miércoles con una temperatura de bulbo seco más alta de 18.84°C, y el día Viernes con la temperatura de bulbo seco más baja de 17.61°C con el prototipo, y mientras que la temperatura de bulbo seco sin el prototipo se tiene el día Miércoles como la más alta de 19,86°C y el día Lunes la más baja de 18,89°C, se tiene en todos los días una temperatura del bulbo seco mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

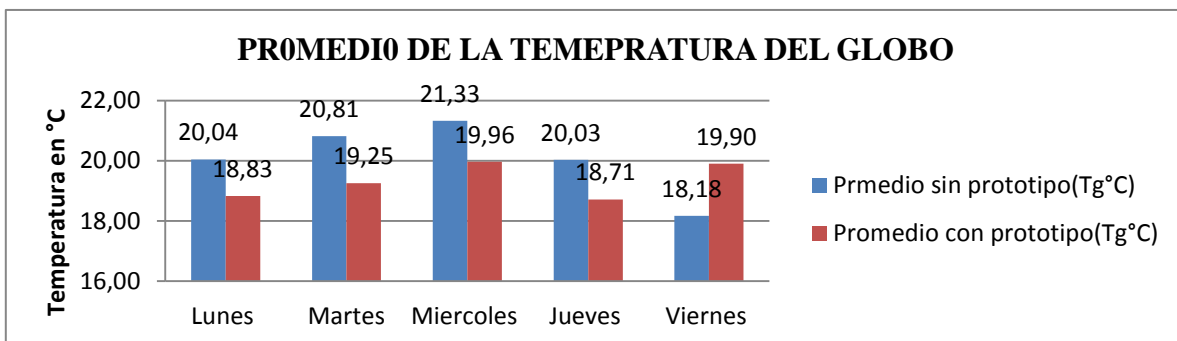


Figura 32: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Miércoles con una temperatura del globo más alta de 19,96°C, y el día Jueves con la temperatura del globo más baja de 18.71°C con el prototipo, mientras que la Temperatura del globo sin el prototipo se tiene el día Miércoles como la más alta de 21,33°C y el día

Viernes la más baja de 18,18°C, se tiene en todos los días una temperatura del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

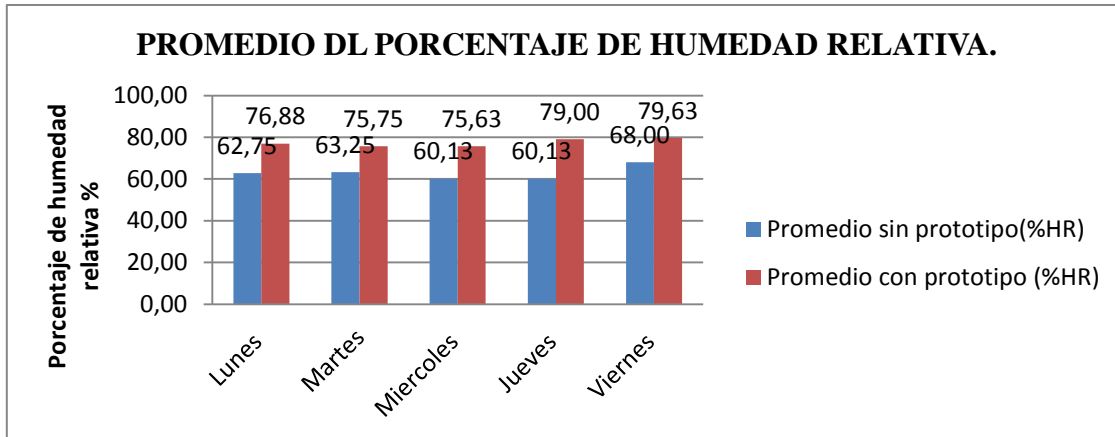


Figura 33: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección natural.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Viernes con el Porcentaje de humedad relativa más alta de 79,63%, y el día Miércoles con el porcentaje de humedad relativa más baja de 75,63% con el prototipo, mientras que el Porcentaje de humedad relativa sin prototipo se tiene el día Viernes como la más alta de 68%, y el día Miércoles y el Jueves las más baja de 60,13%, se tiene en todos los días el porcentaje de humedad relativa mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

Los resultados de los promedios de la velocidad del viento sin y con prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural son cero.

3.5 Resultados del análisis de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de la asociación de plantas en convección forzada.

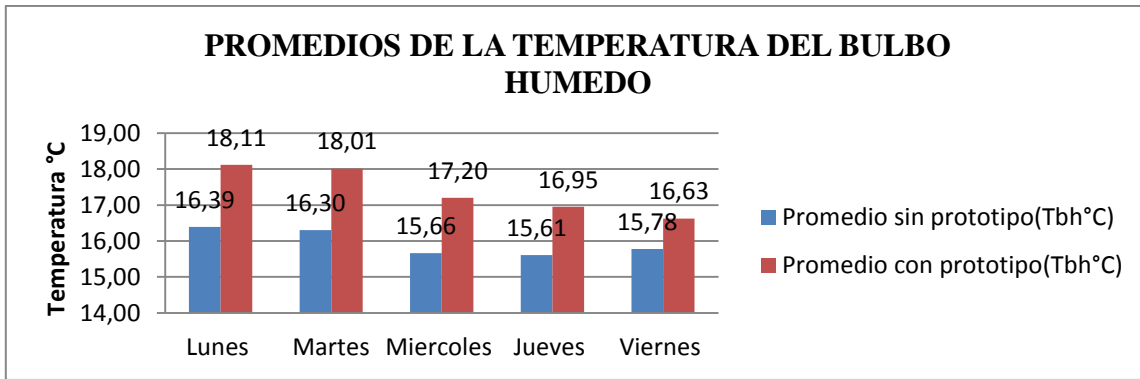


Figura 34: Promedios de la Temperatura del bulbo húmedo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Lunes con una Temperatura de bulbo húmedo más alta de 18,11°C y el día Viernes con la más baja de 16,63°C con el prototipo, y mientras sin el prototipo la Temperatura de bulbo húmedo se tiene el día Lunes la más alta de 16,39°C, y el día Jueves las más baja de 15,61°C, se tiene en todos los días una Temperatura de bulbo húmedo mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin prototipo de jardín vertical.

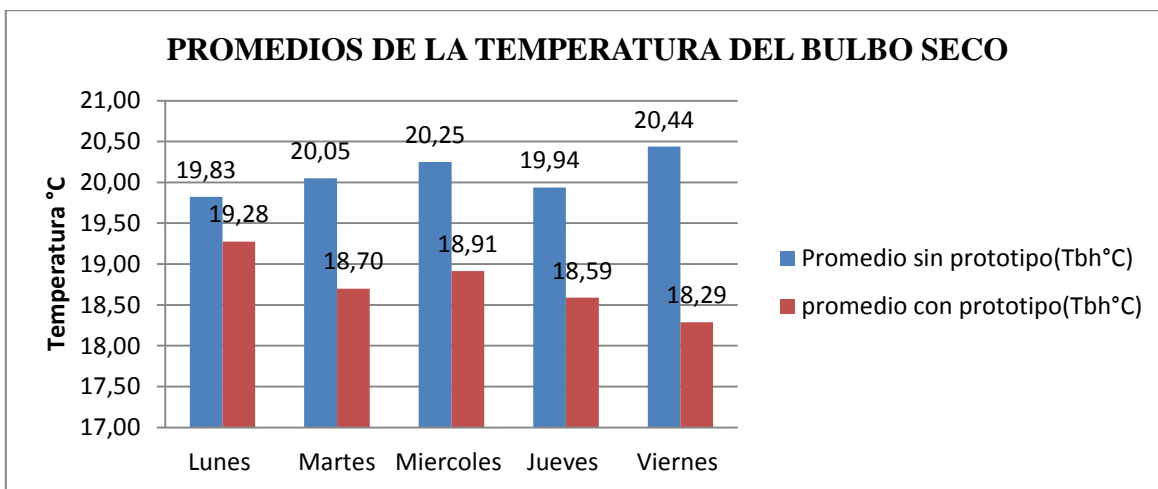


Figura 35: Promedios de la Temperatura del bulbo seco sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Lunes con una temperatura de bulbo seco más alta de 19,28°C, y el día Viernes con la más baja de 18,29°C con el prototipo, y mientras que la temperatura de bulbo seco sin el prototipo se tiene el día Viernes como la más alta de 20,44°C y el día Lunes la más baja de 19,83°C sin, se tiene en todos los días una temperatura del bulbo seco mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

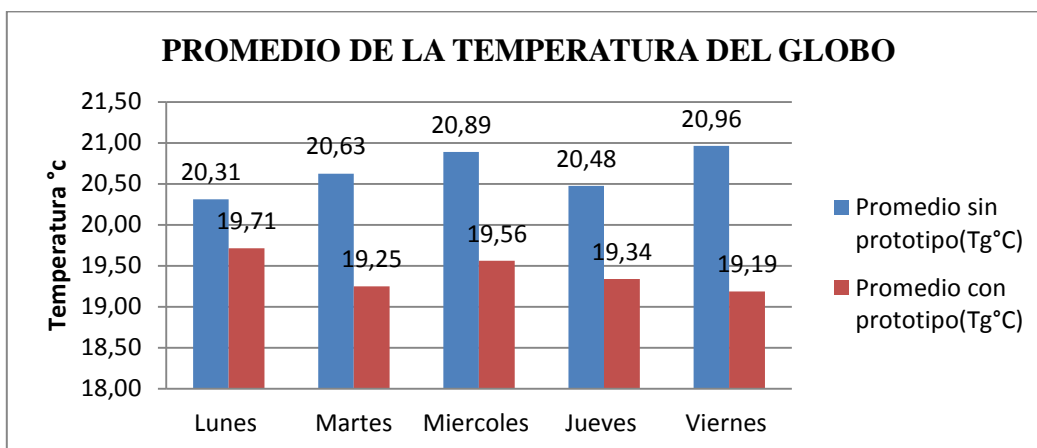


Figura 36: Promedios de la Temperatura del globo sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.

Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Miércoles con una Temperatura del globo más alta de 19,56°C y el día Viernes con la más baja de 19,19°C con el prototipo, mientras que la Temperatura de bulbo húmedo sin el prototipo se tiene el día Viernes como la más alta de 20,96°C y el día Lunes la más baja de 20,31°C, se tiene en todos los días una temperatura del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical y menor con el prototipo de jardín vertical.

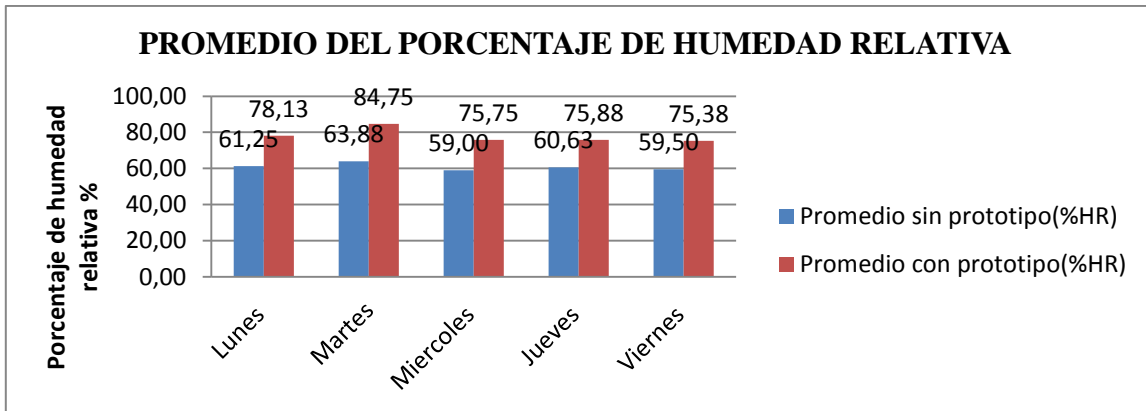


Figura 37: Promedios del porcentaje de humedad relativa sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.
Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Martes con el Porcentaje de humedad relativa más alta de 84,75%, y el día Viernes como la más baja de 75,38% con el prototipo, mientras que el Porcentaje de humedad relativa sin prototipo se tiene el día Lunes como la más alta de 61,25%, y el día Miércoles la más baja de 59%, se tiene en todos los días el porcentaje de humedad relativa mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

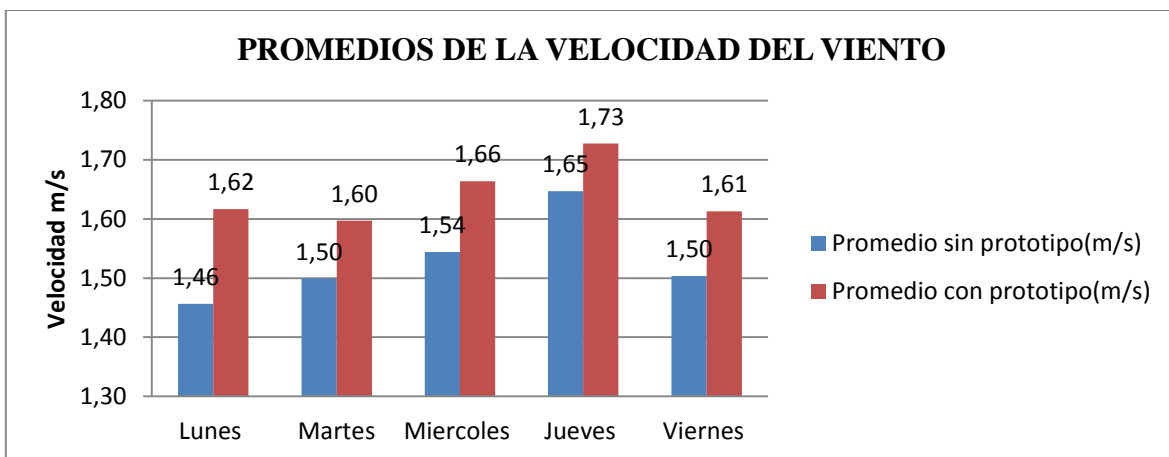


Figura 38: Promedios de la velocidad del viento sin y con prototipo de jardín vertical con asociación de plantas en convección forzada.
Responsable: Javier Tandazo.

En la figura que se muestra se analizó los promedios de cada día resultando el día Jueves la velocidad del viento como la más alta de 1,73 m/s, y el día Martes como la más baja de 1,60 m/s con el prototipo, y mientras que la velocidad sin prototipo se tiene el día Jueves como la más alta de 1,65 m/s, y el día Lunes la más baja de 1,46 m/s, se tiene en todos los días la velocidad del viento mayor con el prototipo de jardín vertical y menor sin el prototipo de jardín vertical.

3.6 Resultados de la comparación de los valores de los promedios semanales de las condiciones ambientales en convección natural y forzada de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de helechos con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Cuadro 19: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Variables de las condiciones Ambientales	Valor de las variables	Valores del (Decreto ejecutivo 2393)
Temperatura del bulbo húmedo	16,04 °C	(14-25)°C
Temperatura del bulbo seco	17,11°C	(14-25)°C
Porcentaje de humedad	81,40%	(30-70)%
Velocidad del viento	0	<0.25 m/s en ambiente natural y <0.45 m/s en Ambientes calurosos

Responsable: Javier Tandazo.

En el cuadro 19 se muestra los valores de las variables de las Condiciones Ambientales, en donde la Temperatura del bulbo húmedo es de 16,04°C, la Temperatura de bulbo seco de 17,11°C y la Velocidad del viento de 0, encontrándose dentro del rango de los valores establecidos por decreto ejecutivo 2393 y el Porcentaje de humedad de 81,40 % se encuentra fuera del rango de los valores establecido por el decreto 2393 este parámetro se puede variar.

Cuadro 20: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección forzada con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Variables de las condiciones Ambientales	Valor de las variables	Valores del (Decreto ejecutivo 2393)
Temperatura del bulbo húmedo	16.75 °C	(14-25)°C
Temperatura del bulbo seco	17,78°C	(14-25)°C
Porcentaje de humedad	81,38%	(30-70)%
Velocidad del viento	0,93 m/s	<0.25 m/s en ambiente natural y <0.45 m/s en Ambientes calurosos

Responsable: Javier Tandazo

En el cuadro 20 se muestra los valores de las variables de las Condiciones Ambientales, en donde la Temperatura del bulbo húmedo es de 16,75°C, la Temperatura de bulbo seco de 17,78°C, encontrándose dentro del rango de los valores establecidos por decreto ejecutivo 2393, mientras que el Porcentaje de humedad de 81.38 % y la velocidad del viento de 0,93 m/s se encuentran fuera del rango de los valores establecidos por el decreto 2393 estos parámetros se puede variar.

3.7 Resultados de la comparación de los valores de los promedios semanales de las condiciones ambientales en convección natural y forzada de la cabina de ensayo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas, con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Cuadro 21: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Variables de las condiciones Ambientales	Valor de las variables	Valores del (Decreto ejecutivo 2393)
Temperatura del bulbo húmedo	17,39 °C	(14-25)°C
Temperatura del bulbo seco	18,22°C	(14-25)°C
Porcentaje de humedad	77,38%	(30-70)%
Velocidad del viento	0	<0.25 m/s en Ambiente natural y < 0.45 m/s en Ambientes calurosos.

Responsable: Javier Tandazo.

En el cuadro 21 se muestra los valores de las variables de las Condiciones Ambientales, en donde la Temperatura del bulbo húmedo es de 17,39°C, la Temperatura de bulbo seco de 18,22°C y la Velocidad del viento de 0, encontrándose dentro del rango de los valores establecidos por decreto ejecutivo 2393 y el Porcentaje de humedad de 77,38 % se encuentra fuera de los valores establecidos por el decreto 2393 este parámetro se los puede variar.

Cuadro 22: Comparación de las Condiciones Ambientales de la cabina con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección forzado con el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393).

Variables de las condiciones Ambientales	Valor de las variables	Valores del (Decreto ejecutivo 2393)
Temperatura del bulbo húmedo	17,38°C	(14-25)°C
Temperatura del bulbo seco	18.75°C	(14-25)°C
Porcentaje de humedad	77,98%	(30-70)%
Velocidad del viento	1,64m/s	<0.25 m/s en Ambiente natural y < 0.45 m/s en Ambientes calurosos.

Responsable: Javier Tandazo

En el cuadro 22 se muestra los valores de las variables de las Condiciones Ambientales, en donde la Temperatura del bulbo húmedo es de 17,38°C y la Temperatura de bulbo seco de 18,75°C encontrándose dentro del rango de los valores establecidos por decreto ejecutivo 2393, mientras que el Porcentaje de humedad de 77,38 % y la Velocidad del viento de 0 se encuentran fuera del rango establecido por el decreto 2393.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN.

La especie Nephrolepis Exaltata sobrevivió en un 100 % días después del trasplante presentando una adaptación y cobertura frondosa en el prototipo de jardín vertical son especies recomendadas por la NASA para purificación del aire en interiores no necesito mucho riego manual por el sustrato que retiene humedad.

En los helechos Nephrolepis exaltata la altura del helecho 1 en el día del trasplante tenía una altura de 48,2 cm transcurrido los 40 días después del trasplante alcanzo a medir 52 cm lo mismo sucedió en los helechos 2,3 y 4 y mientras que en el número de ramas en el helecho 1 en el día del trasplante tenía 63 ramas transcurrido los 40 días después del trasplante llega a tener 79 ramas lo mismo sucede para el helecho 2,3 y 4.

En la asociación de las cuatro especies ornamentales de estudio como son: Helechos (Nephrolepis exaltata), Cintas(Chlorophytum comosum), Hiedras (Hedera hélix) y Espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) son especies colgantes excepto la especie Sansevieria que una especie de maceta pero presentaron una sobrevivencia del cien por cientos una buena adaptación al prototipo de jardín verticales ,su crecimiento y brotes de nuevas hojas y ramas presento un progreso significativo a los 10,25 y 40 días después del trasplantes.

Analizando la figura 14 se muestra que el sustrato (Sunsine mix 3) tiene el porcentaje de humedad más alto de los demás sustratos analizados en el laboratorio y alto en los elementos esenciales del sustrato en Nitrógeno, Fosforo y Potasio para un mejor desarrollo de las especies de estudio.

En la selección del sustrato Shunshine mix 3 presento una adecuada estructura, lo que permitió una óptima retención del agua aplicada y una buena aireación, lo que conlleva a la obtención de plantas sanas y vigorosas así prolongando la humedad para las especies fue

un sustrato que se adaptó a las necesidades nutritivas y desarrollo de las especies estando dentro del rango de pH de 5.5 a 6.5 ideal las para las plantas vegetales [10].

En la figura 20 y 21 se observa los promedios diarios de la temperatura del bulbo seco y de la Temperatura del globo resultando el día lunes como la más alta de 18,58°C y el día jueves como la más baja de 15,65°C con el prototipo y sin prototipo se tiene el día viernes como la más alta de 18.63°C y el jueves como la más baja de 15,89°C y mientras que en la temperatura del globo se tiene el día lunes como la más alta de 18.86°C y el jueves como la más baja de 15,78°C con el prototipo y la Temperatura del globo sin prototipo se tiene el día Viernes como la más alta de 19,41°C y el día jueves la más baja de 16,2°C entre los días analizados, resultando en todos los días medidos una temperatura del bulbo seco y del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical de helechos y menor con el prototipo de jardín vertical de helechos en convección natural y forzada .

En los promedios diarios de las pruebas de ensayos con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en convección natural se obtuvo en la temperatura del bulbo seco el día Miércoles el valor más alta de 18.84°C, y el día Viernes la más baja de 17.61°C con el prototipo, sin el prototipo se tiene el día Miércoles como la más alta de 19,86°C y el día Lunes la más baja de 18,89°C, y mientras que en la figura 30 resultando el día Miércoles con una temperatura del globo más alta de 19,96°C, y el día Jueves la más baja de 18.71°C con el prototipo, y sin el prototipo se tiene el día Miércoles como la más alta de 21,33°C y el día Viernes la más baja de 18,18°C, resultando en todos los días medidos una temperatura del bulbo húmedo y del globo mayor sin el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas y menor con el prototipo de jardín vertical de plantas asociadas en convecino natural y forzada.

En los resultados la velocidad del viento son cero en las cabinas con y sin prototipo de jardín vertical de helechos y de la asociación de plantas en convección natural por estar cerradas las cabinas y no existir el flujo del viento para generación de la velocidad del viento.

La velocidad del viento en las cabinas con el prototipo de jardín vertical de helechos se presenta los promedios más altos de 0,97 m/s con prototipo y sin prototipo de 0,89m/s y promedios más bajos de 0,90 m/s con prototipo y sin prototipo de 0,78m/s y mientras que en la prueba de ensayo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas se obtuvo los promedios más altos de 1,73m/s con prototipo y sin prototipo de 1,65m/s y los promedios más bajos de 1.60 m/s con el prototipo y sin prototipo de 1,46m/s en convección forzada

La humedad relativa presento valores mayores dentro de las cabinas con prototipo de jardín vertical y menor sin prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación de especies en convección natural y forzada.

Al comparar los promedios diarios de las variables de las condiciones ambientales en el ensayo con y sin prototipo de jardín vertical de asociación plantas con el uso del estadístico de la prueba de F (Fisher) y la T-student del 95% de confiabilidad para cada una de las variables de estudio que se encuentra en el apartado de los procesamientos y análisis existiendo cambios significativos en todas las variables de las condiciones ambientales en convección natural y forzada, mientras que al comparar los promedios diarios de las variables de las condiciones ambientales de estudio con y sin prototipo de jardín vertical de helechos no existe diferencias significativas en convección natural y teniendo en la temperatura del globo, porcentaje de humedad y velocidad del viento diferencias significativas y por lo tanto se acepta la Hipótesis planteada en la investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- La especie Nephrolepis exaltada en el prototipo de jardín vertical se obtuvo una mejor adaptación días después del trasplante, creciendo y existiendo nueva brotes de ramas en los 10, 25 y 40 días, resultando atractivo y es una planta excelente en eliminar ciertas sustancias contaminantes de Formaldehído en interiores determinado por la NASA.
- En la altura de los helechos del prototipo de jardín vertical se presentó que el helecho (Nephrolepis exaltada) número 1 en el día del trasplante tuvo 48,2cm y transcurrido los 40 días después del trasplante es de 52 cm y para el número de ramas se tuvo en el día del trasplante de 63 ramas y transcurridos los 40 días después del trasplante de 79 ramas y también se puede apreciar en los resultado para las plantas 2,3,4 escogidas en el estudio indicando un desarrollo adecuado de las plantas en el prototipo de jardín vertical.
- En el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas sobrevivieron todas las especies y se obtuvo las alturas de las diferentes plantas como son: El helecho (Nephrolepis exaltada) número 1 en el día del trasplante de 54,8 cm, Hiedra (Hedera helix) numero 1 de 57,7cm, Cinta (Chlorophytum comosum) número 1 de 26 cm, y la espada de San Jorge (Sansevieria trifasciata) número 1 de 38cm, transcurridos los 40 días después del trasplante se tiene de 58,5, 28,5, 62,5 y 24 cm, lo mismo se puede apreciar para los demás número de plantas 2,3,4 de cada especie de estudio indicando que las plantas se desarrollaron adecuadamente.
- En el número de ramas y hojas de las plantas de estudio del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas se tiene: El helecho (Nephrolepis exaltata) número 1 en el día del trasplante de 56 ramas, Hiedra (Hedera helix) numero1 de 51 hojas Cinta

(Chlorophytum comosum) número1 de 52 hojas, y la espada de San Jorge (Sansevieria) de 11 hojas, transcurridos los 40 días después del trasplante se tiene de 76 ramas, 59 hojas, 53 hojas y 15 hojas, lo mismo se puede apreciar para los demás número de plantas 2,3,4 de cada especie de estudio indicando que las plantas tubo nuevos brotes y se desarrollaron adecuadamente.

- En los análisis de los diferentes sustratos realizado por el laboratorio de Ciencias Ambientales (UNACH), se obtuvo en el sustrato sunshine mix 3 el mayor porcentaje de humedad de 46,83 %, y elementos esenciales altos en Nitrógeno, Fosforo y Potasio que permitieron el desarrollo y sobrevivencia de todas las especies en los prototipos de helechos y de asociación de plantas para el ensayo dentro de las cabinas.
- En los análisis de los promedios diarios de la semana de las variables de las condiciones ambientales dentro de la cabinas de ensayo con el prototipo de jardín vertical de helechos se tiene valores mayores en la Temperatura del bulbo húmedo como la más alta de 16,80 °C en convección natural y de 16,64°C en convección forzada entre los días analizados y en el porcentaje de humedad la más alta de 88% en convección natural y de 86% en convección forzada en las cabinas con el prototipo de jardín vertical, mientras que la temperatura del bulbo seco es de 18,48°C la más alta en convección natural y de 20,24 °C en convección forzado y la temperatura de globo la más alta de 19,41°C en convección natural y de 20,85°C en convección forzada en las cabinas sin prototipo de jardín vertical.
- En los promedios diarios de la semana de las condiciones ambientales en las cabinas de ensayo con el prototipo de jardín vertical de asociación de plantas se obtuvo valores mayores en la temperatura del bulbo húmedo como la más alta de 17,95 °C en convección natural y de 18,11°C en convección forzada y en el porcentaje de humedad como la más alta de 79,63% en convección natural y de 84,75% en convección forzada y mientras en las cabinas de ensayos sin prototipo de jardín vertical se tiene la temperatura del bulbo seco la más alta de 19,86°C en convección natural y de 20,44°C

en convección forzada y la temperatura del globo la más alta de 21,33°C en convección natural y de 20,96°C en convección forzada.

- Los promedios diarios de a semana de la velocidad del viento en convección natural en las dos cabinas de ensayo sin y con prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación de plantas se obtuvo valores de cero por no existir flujo de aire, mientras que en convección forzada se lo realiza con un ventilador para generar el movimiento del flujo del aire.

Al comparar los promedios semanales de las variables de las condiciones ambientales de la cabina de ensayo con prototipo de jardín vertical de helechos y de asociación plantas en convección natural y forzada con los límites establecidos del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto ejecutivo 2393), se obtuvo que la Temperatura del bulbo húmedo, bulbo seco y la velocidad viento están dentro de los límites permisibles de la normativa y el porcentaje de humedad no se encuentra dentro del límite permisible el motivo es porque el equipo que registra el valor de humedad se colocó muy cerca al jardín sin embargo existe la ventaja que todo el material particulado suspendido en la atmosfera precipite con facilidad.

- De acuerdo al análisis estadístico T-student se concluye que con la implementación del prototipo de jardín vertical de asociación de plantas se tiene cambios en las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada, mientras con la implantación del prototipo de helechos no se tiene diferencias significativas de las condiciones ambientales en ambientes cerrados en convección natural y forzada.

RECOMENDACIONES.

- Realizar un prototipo de jardín vertical con asociación de plantas y de helechos sin las especies recomendadas por la NASA, para medir sus condiciones ambientales.
- Analizar más sustratos que contengan elementos necesarios y mayor humedad para el desarrollo de las plantas, y la utilización de los mismos en estudios posteriores que resulten ser más económicas.
- Medir las condiciones ambientales dentro de las oficinas de trabajos y sin convección forzado.
- Usar los datos obtenidos de las condiciones ambientales medidos para el estudio de las condiciones termohigrométricas.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Título de la propuesta.

Implementación de un prototipo de jardín vertical para mejorar la calidad del aire del Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

6.2 Introducción.

Creciente preocupación por los problemas que afectan al medio ambiente, ha provocado un mayor interés por una arquitectura responsable, que responda mejor a las condiciones medioambientales y que demande un menor consumo energético. A pesar de que existen muchas ventajas en la introducción de vegetación en las superficies de los edificios y los espacios relacionados esta práctica, también se enfrenta a una serie de problemas para su aplicación, por lo que debe ser plenamente estudiada. Ciertas ventajas a considerar derivan del proceso de evapotranspiración, a través del cual las plantas incrementan la humedad ambiental y regulan la temperatura, suponiendo en consecuencia una mejora del microclima. Las especies vegetales renuevan el aire del entorno mediante el proceso de fotosíntesis [19].

Un jardín vertical, tiene múltiples funcionalidades no solo ornamentales, sino la de equilibrar el consumo energético mientras que se depura el aire los jardines murales como prefieren denominarlos, no sólo servirán para retirar CO₂ de nuestras ciudades, sino que contribuirán a mejorar la calidad del aire atrapando las sustancias nocivas responsables de muchos de los problemas respiratorios que afectan cada vez más a los habitantes de los núcleos urbanos.

Los jardines verticales o fachadas vegetales tienen efectos muy positivos. La investigación de distintas Universidades internacionales demuestra que los núcleos urbanos con vegetación reducen varios grados su temperatura en verano. Además ofrecen más

biodiversidad y permiten que las plantas absorban más partículas contaminantes, especialmente partículas ultra finas que penetran profundamente en las vías respiratorias. Y aún tiene más efectos positivos [19].

6.3 Objetivos.

6.3.1 Objetivo General.

Implementar un prototipo de jardín vertical para mejorar la calidad del laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

6.3.2 Objetivos Específicos.

- Proponer el diseño y construcción de un prototipo de jardín vertical en el laboratorio de química.
- Seleccionar las especies vegetales purificadoras del aire para el establecimiento en el prototipo de jardín vertical.
- Realizar el monitoreo de la calidad del aire antes y después de la implementación en el laboratorio de Química para analizar sus datos.

6.4 Fundamento Científico- Técnico.

Jardines verticales de interior

La integración de la vegetación en la edificación se puede realizar en todo tipo de espacios, ya sean exteriores o interiores. Los jardines verticales de interior cuentan con múltiples ventajas que mejoran el ambiente en las edificaciones. La evapotranspiración y los efectos de aislamiento contribuyen a regular la temperatura lo que se traduce en una menor factura a la hora de refrigerar la estancia donde se ubica. Cada jardín vertical posee una gran capacidad de fijar CO₂ y liberar oxígeno, determinadas especies vegetales utilizadas en los

sistema absorben contaminantes específicos producidos por nuestros objetos cotidianos. En oficinas y casas se encuentran sustancias químicas (formaldehído, el benceno, el tricloroetileno y el monóxido de carbono) que son causa de problemas de salud diversos.

Sistemas constructivos:

Sistema f+p.

El sistema f+p está compuesto por un trasdosado de pan - eles impermeables sobre el que se sitúa una fina capa sintética que conforma el sustrato por donde discurre una solución hidropónica. Las especies vegetales se plantan una a una y se sustituyen muy fácilmente, sin necesidad de afectar al resto del jardín. Las instalaciones discurren entre los paneles y la capa de sustrato por lo que su mantenimiento o sustitución es muy sencilla.

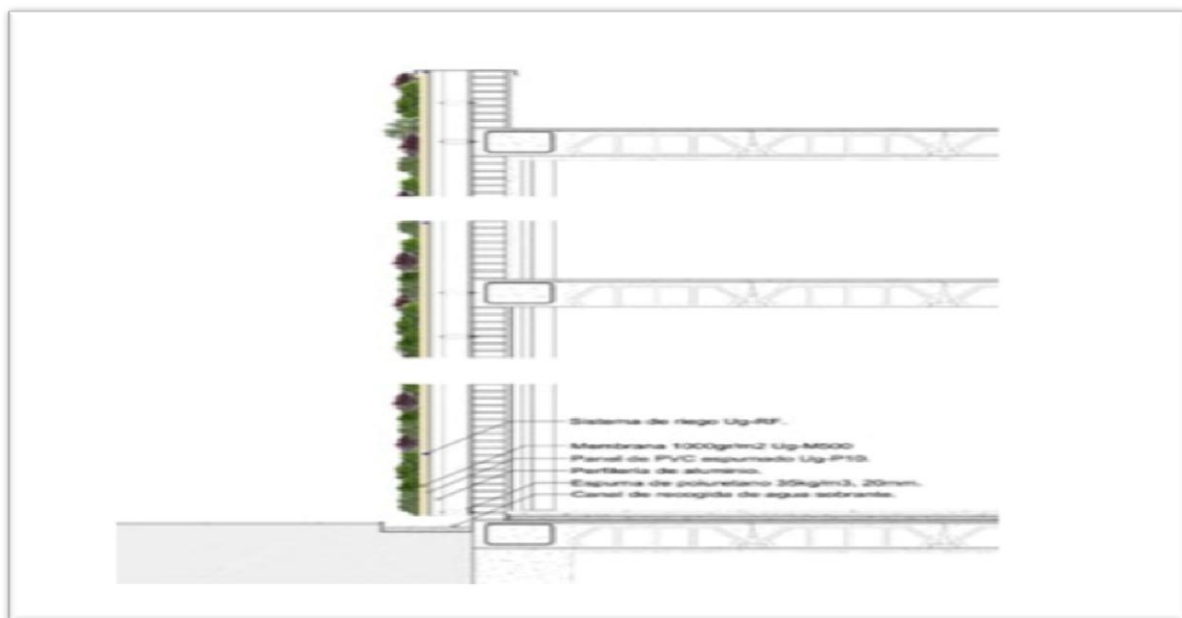


Figura 39: Sistema F+P.

Fuente: <https://dl.dropboxusercontent.com>.

Sistema leaf.box.

Sistema de paneles de fibras vegetales Ug-ms05 instalados sobre un bastidor de perfiles de aluminio. La plantación de las especies vegetales se realiza una a una lo que permite la realización de cualquier tipo de diseño. El sistema de riego se compone de conducciones exudantes que mantienen una humedad constante en el sustrato, esto elimina

prácticamente la pérdida de agua sobrante durante el riego. La naturaleza y durabilidad del sustrato Ug-ms05 permite la simplificación del sistema de fertirrigación, esto facilita el mantenimiento del jardín sobretodo en instalaciones en viviendas particulares.

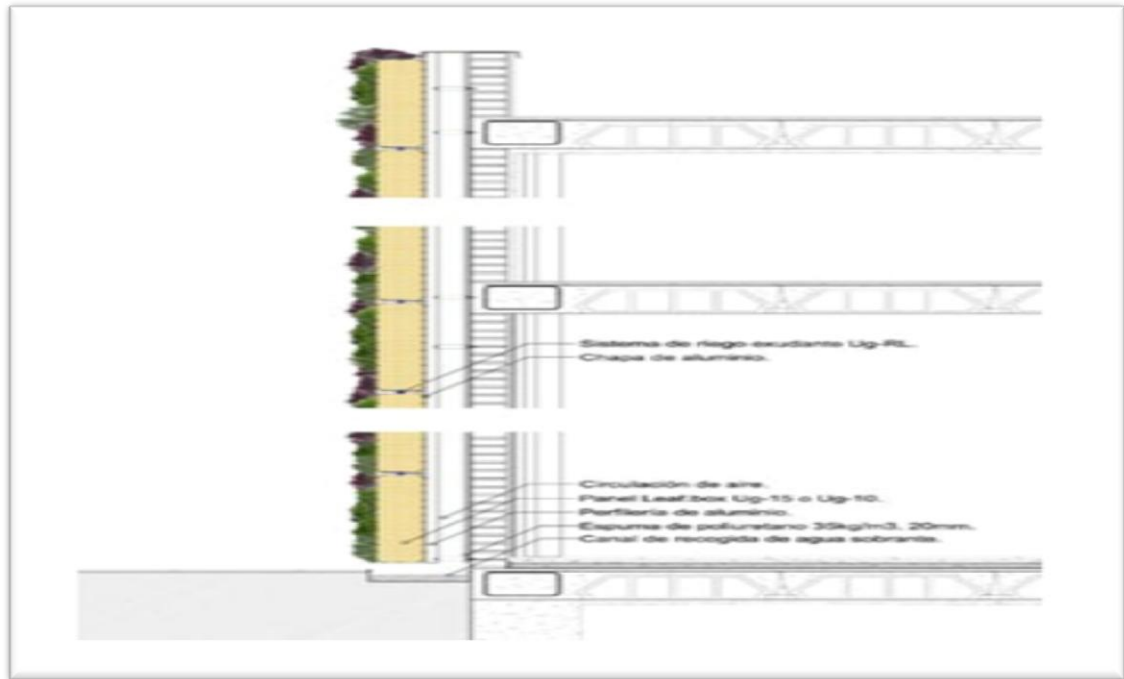


Figura 40: Sistema leaf.box.
Fuente: <https://dl.dropboxusercontent.com>.

Sistema eco.bin.

Este sistema utiliza una fábrica de celdas cerámicas como medio de plantación del jardín vertical. La inclinación de las celdas y una combinación de sus - tratos específica permite almacenar el agua durante un largo periodo de tiempo, esto convierte al sistema eco.bin en el sistema con menor consumo de agua. La membrana Ug-OMS aplicada sobre las celdas cerámicas una película hidrófila que permite la captación por parte del jardín vertical del agua atmosférica. Aunque se puede utilizar en todo tipo de climas se trata de un sistema que destaca por su buen comportamiento climas áridos o semi-áridos con elevado soleamiento.

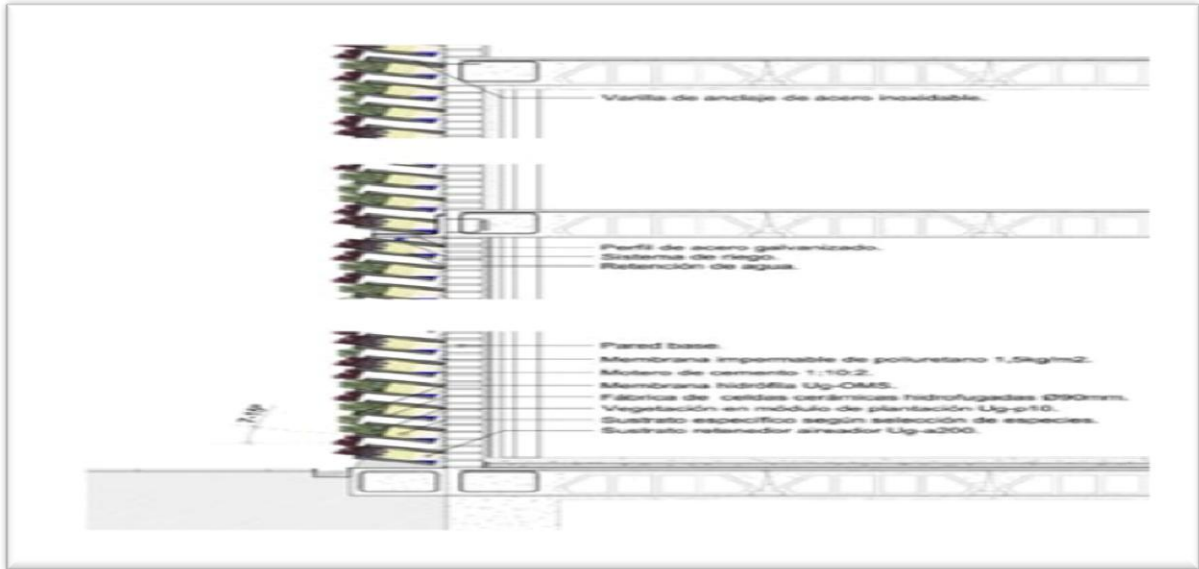


Figura 41: Sistema eco.bin
Fuente: <https://dl.dropboxusercontent.com>.

Sistema Nébula.

El sistema de fachada vegetal Nébula está formado por una agrupación plantas aéreas: tillandsias. Esta familia de plantas obtiene el agua y los nutrientes que necesita del aire por lo que no es necesario ningún tipo de instalación de riego ni aportación de nutrientes. La principal ventaja de este sistema es la posibilidad de optar por un manual aunque también se puede realizar con nebulizadores. Se trata de un sistema especialmente recomendado para situaciones donde no se pueda tener acceso a las instalaciones de agua [22].

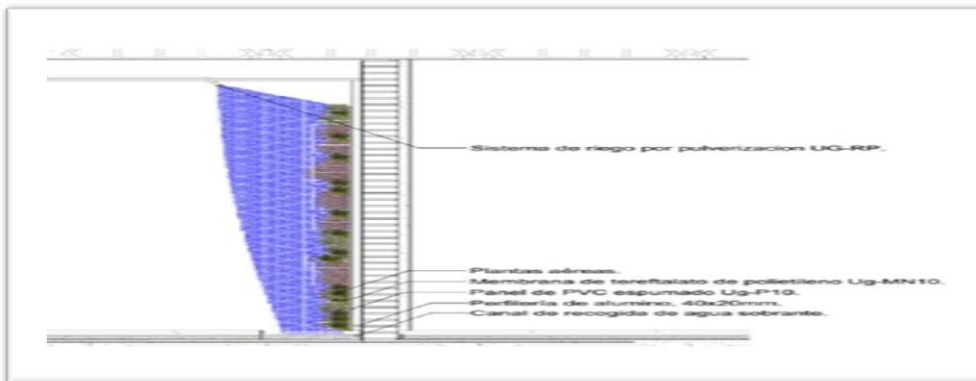


Figura 42: Sistema Nébula.
Fuente: <https://dl.dropboxusercontent.com>.

Aire acondicionado vegetal.

El aire acondicionado vegetal combina las ventajas de cualquiera de nuestros sistemas de fachada vegetal con el valor añadido de actuar como refrigerador y filtro de aire del espacio donde se instala.

El funcionamiento es sencillo, el aire se recircula a través de la fachada vegetal pasando a través del sustrato plantado y de la vegetación. La evapotranspiración producida no solo enfría el aire además, las raíces de las plantas absorben contaminantes específicos producidos por la edificación.

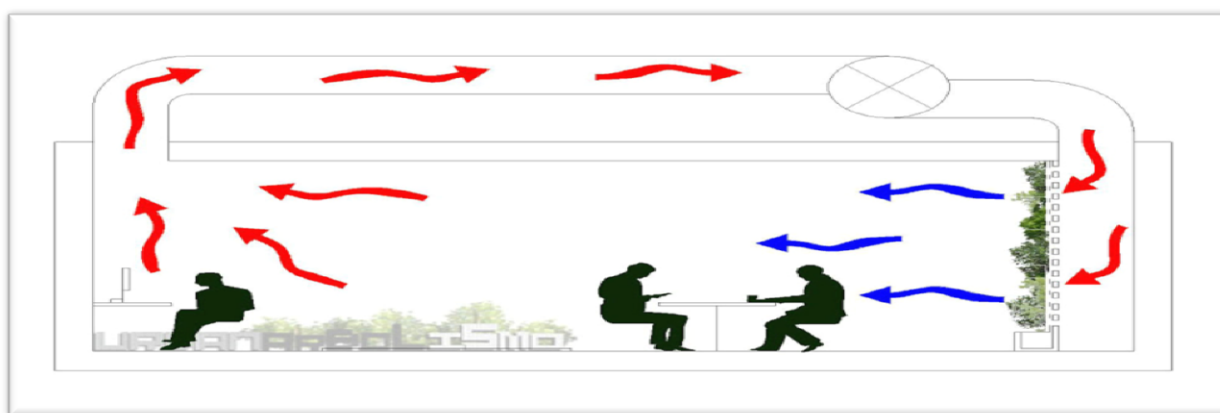


Figura 43: Aire acondicionado vegetal.

Fuente: <http://www.urbanarbolismo.es>

LAS PLANTAS.

Una vez elegido el tipo de plantas que deseamos tener en nuestro Jardín Vertical, el soporte físico y el sustrato y la forma de riego del jardín vertical tiene que estar en función de las plantas que pensemos cultivar el uso de plantas ornamentales en el interior, y entre los más importantes podemos destacar los siguientes:

- Un estudio de la NASA determinó que el uso de las plantas de interior es el medio más eficiente y rentable de disminuir la contaminación que afecta a la atmósfera interior de los edificios (Wolverton, 1989)

- Su utilización en hospitales produce un significativo efecto positivo en la salud de los enfermos (Park, 2006)
- Las plantas de interior reducen el estrés, y las bajas laborales, aumentando la productividad en las oficinas (Lork, 1996).
- Los jardines verticales tienen una aplicación directa en la depuración del aire en el interior de los edificios, reteniendo partículas en suspensión y sustancias contaminantes, constituyendo una importante herramienta para luchar contra el denominado “Síndrome del edificio enfermo” (Darlington, 2001).

Tipos de plantas para jardines verticales

Las plantas que conforman el muro vegetal pueden escogerse en cada caso teniendo en cuenta:

- Las características climatológicas del lugar de emplazamiento.
- Las necesidades o preferencias del cliente.

Este sistema nos permite hacer diferentes composiciones y ajustarnos según los requerimientos climáticos de las especies vegetales que se van a utilizar, integrando naturaleza y estética en un nuevo concepto de paisajismo urbano (Puig, 2010)

Especies vegetales que absorben contaminantes

Todas las plantas eliminan en mayor o menor medida las sustancias químicas suspendidas en el aire. En la lista que figura a continuación se recogen las plantas más eficaces en la lucha contra los contaminantes.

Cuadro 23: Especies vegetales que absorben contaminantes.

Nombre de la planta	Especialmente eficaz contra
Bromelia, Aloe, Flor de Nochebuena (poinsettia), Ficus benjamina, <i>Spathiphyllum</i>	Formaldehído
Aglaonema	Benceno
Chamaedorea, Crisantemo (chrysanthemum), Phoenix roebelenii	Benceno, formaldehído
Orquídeas	Amoníaco, acetona, formaldehído
Dracena deremensis	Formaldehido y xileno, Benceno, tricloroetileno
Dracena Warneckii, Margarita africana(Gerbera), Sansevieria trifasciata, Lirio de la paz (peace lily)	Benceno, tricloroetileno, formaldehído
Cintas, (<i>Chlorophytum comosum</i>)	monóxido de carbono(muy efectiva) Xileno.
Areca(<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>)	xileno(muy efectiva) y fomaldehido y <i>tricloetileno</i>
Dracaena marginata	formaldehido y tricloetileno y monoxido de carbono
Hiedra (Hedera hélix)	Carbono Benzeneno Formaldehido(muy efectiva) Xileno y monoxido de
Helecho rizado (<i>Nephrolepis exaltata</i>)(Común en canarias)	Formaldehido (muy efectivo)

Potos Epipremnum Aureum	Benceno formaldehído y monóxido de carbono
Philodendron scandens	monóxido de carbono y Formaldehído

Fuente: <http://www.urbanarbolismo.com>

6.5 Descripción de la propuesta.

La propuesta planteada consiste en diseñar y construir un prototipo de jardín vertical con especies purificadoras del aire escogiendo algunos de los sistemas propuestos en el fundamento teórico como guía las especies vegetales seleccionados serán capaces de eliminar sustancias tóxicas de ciertos elementos manipulables que se utilice dentro del laboratorio y que sirvan para mejorar las condiciones ambientales y purificar el aire así poder prevenir riesgos de la salud de los estudiantes y docentes que realizan las prácticas como parte de sus asignaturas y el personal técnico y realizar un monitoreo de la calidad del aire antes y después de la implementación y su análisis de datos para recomendar la utilización en todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

6.6 Diseño organizacional

La ejecución de la propuesta “Implementación de un prototipo de jardín vertical con especies vegetales eliminadoras de contaminantes en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Chimborazo.” Estará a cargo del Decanato de la Universidad Nacional de Chimborazo que será el encargado de coordinar con la dirección de carrera de Ingeniería Ambiental para la participación de un estudiante de la carrera como proyecto de investigación para la graduación y con el técnico del Laboratorio de Química para a implementación

8.7. Monitoreo y evaluación

Para el monitoreo y evaluación de esta propuesta se sugieren las siguientes acciones:

- Coordinar con el decano y la dirección de carrera para solicitar algún estudiante que trabaje en esta investigación como investigación de grado-
- Llevar un cronograma de actividades para el cumplimiento de los objetivos planteado en la propuesta.
- Evaluar cada tres meses los resultados obtenidos con la implementación del jardín.
- Analizar os resultado para tomar la mejor decisión en la implementación en los laboratorios

BIBLIOGRAFÍA

1. Vareschi, V., Helechos (1968), In Flora de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Edición especial del Instituto Botánico, Volumen I, Tomo II.
2. BLUME(1999). Plantas de Interiores. Editorial Blume. Barcelona- España. p. 160.
3. VON BUCHWALD Cecilia (1998), Manual El Árbol. Guayaquil- Ecuador.
4. Wolverton, J. a. (1989). Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution.
5. Lork, P. (1996). Interior plants may improve worker productivity and reduce. Environmental Horticulture.
6. Agustin, P. (2010). En P. Agustin, manual para el tecnico en Prevencion de Riesgos laborales (septima ed., págs. 164-166). FC
7. Lork, P. (1996). Interior plants may improve worker productivity and reduce. Environmental Horticulture.
8. Briz E.J. 2004. Evaluacion del bienestar y naturacion urbanos cubiertas ecologicas y mejora medioambiental.Mundi-Prensa.Madrid,espana.p:63-80.
9. Perez V.J.G.G.Esquivel y F.E.Garcia.2002.papel ecologico de la flora rizosfericaen fitorremeiacion.Avancey Perfectiva(21).297-300.
10. Provedora Agricola del Centro S.A de C.V. (1989). Recuperado el 10 de 1 de 2015, de Provedora Agricola del Centro S.A de C.V:
http://sustratos.com.mx/sustrato_canadiense.htm
11. Verdtical. (14 de 4 de 2013). Recuperado el 15 de 1 de 2015, de Verdtical:
<http://www.verdtical.com/sustrato-sphagnum-jardines-verticales/>

12. Design, C. f. (2004). Research Projects Living Walls Queensland University of Technology. Obtenido de Research Projects Living Walls QueenslandUniversityofTechnology:
<http://www.subtropicaldesign.bee.qut.edu.au/LivingWallsResearch.html>
13. Felixmaocho. (25 de 10 de 2010). xeroardin-auto-construir-un-jardin-vertical. Obtenidodexeroardin-auto-construir-un-jardin-vertical:
<http://felixmaocho.wordpress.com>
14. fido.palermo.(s.f.).Recuperadoel 27 de Enero de 2015,de
http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyctograduacion/archivos/448.pdf
15. bermutuamur. (s.f.). Obtenido deCalidaddelaireinterior:
http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/Calidad_del_aire_interior.pdf
16. *Infojardin*. (s.f.). Recuperado el 20 de 12 de 2014, de Infojardin:
<http://articulos.infojardin.com/plantas/cinta-cintas-malamadre.htm>
17. Isabel.Virgilio, A. (2010). Calidad del aire del interior en edificios de uso publico. Recuperado el 12 de 06 de 2014, de <http://www.madrid.org>
18. Juanfran. (4 de abril de 2013). ecoterrazas. Recuperado el 27 de Enero de 2015, de <http://www.ecoterrazas.com/blog/introduccion-a-la-jardineria-vertical/>
19. Portilla, J. N. (2013). riunet. Recuperado el 26 de 1 de 2015, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM%20JUAN%20NAVARRO.pdf?sequence=1>
20. Puig,A.(2010).Obtenidode
<http://www.interempresas.net/Jardineria/Articulos/108913-Entrevista-a-Alex-Puig-maestro-jardinero-y-gerente-de-Vivers-Ter.html>
21. sol-arq. (s.f.). Recuperado el 18 de 02 de 2015, de sol-arq: <http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/temperatura>

22. urbanarbolismo. (s.f.). http://www.urbanarbolismo.es/blog/?page_id=500.
Recuperado el 11 de 06 de 2014, de http://www.urbanarbolismo.es/blog/?page_id=500
23. VerticalGarden®.(s.f.).Recuperado el 23 de 2 de 2015, de
VerticalGarden®:http://www.steelpav.es/brochures/brochure_verticalgarden.pdf.
24. **ETNOBOTÁNICA**
<http://www.encyclopediamedica.cl/index.php?sec=6&list=1&item=2493>
2014-10-20
25. <http://delamanoconvenezuela.com/2012/03/bima-disena-futuro-2/> 2014-09-20
26. Chlorophytum http://es.wikipedia.org/wiki/Chlorophytum_comosum,2015-01-28
27. <http://xananatura.blogspot.com/2014/12/plantas-purificadoras-del-aire-i.html>.
28. **TAXONOMÍA DE PLANTAS**
http://www.comillas.es/archivos/GUIA_BOTANICA.pdf 2014-09-28.
29. B. C. Wolverton, Rebecca C. McDonald, and E. A. Watkins, Jr. «Foliage Plants for Removing Indoor Air Pollutants from Energy-efficient Homes». Consultado el 04/06/2014.,http://web.archive.org/web/http://www.sjodinweb.com/house/foilage_air.pdf (alternate link for 'Foliage Plants for Removing Indoor Air Pollutants from Energy-efficient Homes').
30. Wolverton, B.C. (1996) How to Grow Fresh Air. New York: Penguin Books.
31. Plants "Clean" Air Inside Our Homes (kilde NASA).
32. Blog del curso Laboratorio de Periodismo UIA primav 2013. (s.f.). *Espacio Crítico* 20. Recuperado el 20 de 11 de 2014, de Espacio Crítico 20:

<https://espaciocritico20.wordpress.com/2013/05/06/jardines-verticales/comment-page-1/>.

33. articulo.org. (s.f.). Recuperado el 21 de 3 de 2015, de http://www.articulo.org/articulo/62729/disena_y_construye_tu_propio_jardin_vertic_al.html.
34. (s.f.). Recuperado el 20 de 04 de 2015, de <http://www.ual.es/Congresos/JIA/completo/JARDINERIA%20VERTICAL.pdf>
- 35 <http://plantas.lapipadelindio.com/plantas-interior/helecho-nephrolepis-exaltata>

ANEXOS

ANEXO 1: Construcción de las cabinas y de los prototipos de jardín vertical y trasplante de las plantas.

LUNES 13 DE OCTUBRE 2014



LIMPIEZA DEL TERRENO Y MEDICIÓN DE LAS MEDIDAS PARA LAS CABINAS.

LUNES 20 DE OCTUBRE 201.



CIMENTACIÓN DE LAS CABINAS DE ENSAYO.



CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES.

JUEVES 21 DE NOVIEMBRE DEL 2014

TERMINACIÓN Y COLOCANDO TECHOS, PUERTAS Y VENTANAS EN LAS CABINAS PARA EL JARDÍN VERTICAL.



PLANTAS PARA LA TRANSPLANTACION EN EL JARDIN VERTICAL.



VEHICULO DE LA TRANSPOTACION DE LAS ESPECIES VEGETALES PARA EL PROTOTIPO DE JARDIN VERTICAL.



BANDEJAS DE HELECHOS Y ASOCIACION DE PLANTAS 10 DE DICIEMBRE DEL 2014.



CONTEO DEL NÚMERO DE RAMAS DE LAS PLANTAS DE ESTUDIO AL DIA DEL TRANSPLANTE A LOS 10,25 Y 40 DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE.



MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LOS HELECHOS DE ESTUDIO




MEDICIÓN Y TOMA DE LOS DATOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES CON EL EQUIPO QUESTUM P°34 EN COVECCION NATURAL Y FORZADA.




MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO CON EL ANEMOMETRO TMA10.



ANEXO 2: Resultados de los análisis de Laboratorio de Servicios Ambientales de las diferentes muestras de sustratos.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

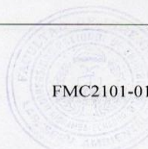


INFORME DE ANALISIS

Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm ³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
NOMBRE: Sr. Javier Tandazo					INFORME N°: 006 - 14			
					N° SE: 006 -14			
EMPRESA: Proyecto de Tesis UNACH								
DIRECCIÓN: Diego de Ibarra y Argentinos								
TELÉFONO: 0984861917					FECHA DE RECEPCIÓN: 23 - 09 - 14			
					FECHA DE INFORME: 01 - 10 - 14			
NÚMERO DE MUESTRAS: 4								
TIPO DE MUESTRAS: Sustrato orgánico comercial (Borita), Turba comercial, Suelo común, fibra de coco.								
IDENTIFICACIÓN:								
	Muestra 1	Sustrato orgánico comercial (Borita)						
	Muestra 2	Turba rubia de musgo sphagnum canadiense fino (Sunshine Mix 3)						
	Muestra 3	Suelo común						
	Muestra 4	Fibra de coco						
El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.								
RESULTADOS DE ANÁLISIS								
Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 1	6,75	46,73	0,21	20,1	0,280	90	80	33,73
Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 2	5,64	46,83	0,12	20,4	0,560	150	150	14,57
Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 3	6,03	20,67	0,96	20,0	0,470	150	110	93,82

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2



L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm ³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 4	5,32	20,23	0,15	20,8	0,140	80	90	5,8

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Mario Ruiz B.
Dr. Juan Carlos Lara R.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm ³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 1	5,32	20,23	0,15	20,8	0,140	80	90	5,8

Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm ³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 2	5,32	20,23	0,15	20,8	0,140	80	90	5,8

Código	pH	% Humedad	Densidad Aparente g/cm ³	Temperatura °C	Nitrógeno (N) (Kg/Ha)	Fósforo (P) (Kg/Ha)	Potasio (K) (Kg/Ha)	Materia Orgánica (%)
Muestra 3	5,32	20,23	0,15	20,8	0,140	80	90	5,8

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO 3: Ficha de registro de datos de altura y número de ramas del prototipo de jardín vertical de *Nephrolepis exaltata*.

Altura de la planta *Nephrolepis exaltata* (cm)

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
HELECHO 1				
HELECHO 2				
HELECHO 3				
HELECHO 4				

Números de ramas de la planta *Nephrolepis exaltata*.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
HELECHO 1				
HELECHO 2				
HELECHO 3				
HELECHO 4				

ANEXO 4: Ficha de registros de datos del número de ramas, hojas y altura de las plantas del jardín vertical con plantas asociadas.

Altura de las ramas de la planta Nephrolepis exaltata (cm)

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
HELECHO 1				
HELECHO 2				
HELECHO 3				
HELECHO 4				

Números de ramas de la planta Nephrolepis exaltata.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
HELECHO 1				
HELECHO 2				
HELECHO 3				
HELECHO 4				

Altura de las ramas de las Cintas (Chlorophytum comosum) cm.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Cinta 1				
Cinta 2				
Cinta 3				
Cinta 4				

Números de ramas de las Cintas (Chlorophytum comosum).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Cinta 1				
Cinta 2				
Cinta 3				
Cinta 4				

Altura de las ramas de las Hiedras (Hedera hélix) cm.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Hiedra 1				
Hiedra 2				
Hiedra 3				
Hiedra 4				

Números de ramas de las Hiedras (Hedera hélix)

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Hiedra 1				
Hiedra 2				
Hiedra 3				
Hiedra 4				

Altura de las ramas de las Espadas de San Jorge (Sansevieria trifasciata) cm.

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Espada de San Jorge 1				
Espada de San Jorge 2				
Espada de San Jorge 3				
Espada de San Jorge 4				

Números de ramas de las Espadas de San Jorge (Sansevieria trifasciata).

Días	0 ddt	10 ddt	25 ddt	40 ddt
Espada de San Jorge 1				
Espada de San Jorge 2				
Espada de San Jorge 3				
Espada de San Jorge 4				

ANEXO 5: Ficha de registros de datos de las condiciones Ambientales.

HORA	Tg°C	T b°C	Tg°C	HR %	Velocidad del viento m/s
9am					
10am					
11am					
12pm					
14pm					
15pm					
16pm					
17pm					

ANEXO 6: Datos de los promedios diarios del prototipo de jardín vertical de helechos (Nephrolepis exaltata) en convección natural.

Tabla 1. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo húmedo.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	16,21	16,80
Martes	15,76	16,04
Miércoles	15,93	16,03
Jueves	14,75	15,06
Viernes	16,60	16,26

Elaborado por: Javier Tandazo

Tabla 2. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo seco.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(BS°C)
Lunes	18,58	18,63
Martes	17,9	17,44
Miércoles	17,4	16,85
Jueves	15,89	15,65
Viernes	18,48	16,98

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 3. Promedios diarios de la Temperatura del globo.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	19,15	18,86
Martes	18,56	16,64
Miércoles	18,08	17,40
Jueves	16,2	15,78
Viernes	19,41	17,29

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 4. Promedios diarios del Porcentaje de humedad relativa.

Días	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Lunes	65,25	76,50
Martes	73,13	78,00
Miércoles	76,38	82,00
Jueves	81,50	88,00
Viernes	73,00	82,50

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 5. Promedios diarios de la velocidad del viento.

Días	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)
Lunes	0,0	0,0
Martes	0,0	0,0
Miércoles	0,0	0,0
Jueves	0,0	0,0
Viernes	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo.

ANEXO 7: Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales del prototipo de jardín vertical de helechos (*Nephrolepis exaltata*) en convección forzada.

Tabla 1. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo húmedo.

DIAS	Promedio sin prototipo(Tbh °C)	Promedio con prototipo(Tbh °C)
Lunes	15,58	16,80
Martes	15,69	17,19
Miércoles	15,05	16,53
Jueves	15,06	16,64
Viernes	15,01	16,60

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 2. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo seco.

DIAS	Promedio sin prototipo(Tbs °C)	Promedio con prototipo(Tbs °C)
Lunes	19,65	17,86
Martes	20,24	18,43
Miércoles	18,65	17,16
Jueves	18,88	17,26
Viernes	19,41	18,19

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 3. Promedios diarios de la Temperatura del globo.

DIAS	Promedio sin prototipo(Tg °C)	Promedio con prototipo(Tg °C)
Lunes	20,15	18,09
Martes	20,85	18,81
Miércoles	19,10	17,44
Jueves	19,63	18,03
Viernes	20,11	18,83

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 4. Promedios diarios del Porcentaje de humedad relativa.

DIAS	Promedio sin prototipo(%H.R)	Promedio con prototipo(%H.R)
Lunes	62,13	81,38
Martes	61,25	80,88
Miércoles	65,38	86,00
Jueves	63,75	84,75
Viernes	56,25	73,88

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 5. Promedios diarios de la velocidad del viento.

DIAS	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con promedio(m/s)
Lunes	0,84	0,90
Martes	0,86	0,91
Miércoles	0,78	0,97
Jueves	0,89	0,91
Viernes	0,89	0,96

Elaborado por: Javier Tandazo.

ANEXO 8: Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en las cabinas en convección natural.

Tabla 1. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo húmedo.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	15,79	17,01
Martes	16,10	17,10
Miércoles	16,38	17,70
Jueves	15,79	17,20
Viernes	16,94	17,95

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 2. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo seco.

Días	Promedio sin prototipo(Tbs°C)	Promedio con prototipo(Tbs°C)
Lunes	18,89	17,95
Martes	19,29	18,58
Miércoles	19,86	18,84
Jueves	19,09	18,11
Viernes	19,39	17,61

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 3. Promedios diarios de la Temperatura del globo.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	20,04	18,83
Martes	20,81	19,25
Miércoles	21,33	19,96
Jueves	20,03	18,71
Viernes	18,18	19,90

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 4. Promedios diarios del Porcentaje de humedad relativa.

Días	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo (%HR)
Lunes	62,75	76,88
Martes	63,25	75,75
Miércoles	60,13	75,63
Jueves	60,13	79,00
Viernes	68,00	79,63

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 5. Promedios diarios de la velocidad del viento.

Días	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)
Lunes	0,0	0,0
Martes	0,0	0,0
Miércoles	0,0	0,0
Jueves	0,0	0,0
Viernes	0,0	0,0

Elaborado por: Javier Tandazo.

ANEXO 9: Datos de los promedios diarios de las condiciones ambientales con y sin prototipo de jardín vertical de asociación de plantas en las cabinas en convección forzada.

Tabla 1. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo húmedo.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	Promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	16,39	18,11
Martes	16,30	18,01
Miércoles	15,66	17,20
Jueves	15,61	16,95
Viernes	15,78	16,63

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 2. Promedios diarios de la Temperatura del bulbo seco.

Días	Promedio sin prototipo(Tbh°C)	promedio con prototipo(Tbh°C)
Lunes	19,83	19,28
Martes	20,05	18,70
Miércoles	20,25	18,91
Jueves	19,94	18,59
Viernes	20,44	18,29

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 3. Promedios diarios de la Temperatura del globo.

Días	Promedio sin prototipo(Tg°C)	Promedio con prototipo(Tg°C)
Lunes	20,31	19,71
Martes	20,63	19,25
Miércoles	20,89	19,56
Jueves	20,48	19,34
Viernes	20,96	19,19

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 4. Promedios diarios del Porcentaje de humedad relativa.

Días	Promedio sin prototipo(%HR)	Promedio con prototipo(%HR)
Lunes	61,25	78,13
Martes	63,88	84,75
Miércoles	59,00	75,75
Jueves	60,63	75,88
Viernes	59,50	75,38

Elaborado por: Javier Tandazo.

Tabla 5. Promedios diarios de la velocidad del viento.

DIAS	Promedio sin prototipo(m/s)	Promedio con prototipo(m/s)
Lunes	1,46	1,62
Martes	1,50	1,60
Miércoles	1,54	1,66
Jueves	1,65	1,73
Viernes	1,50	1,61

Elaborado por: Javier Tandazo.

ANEXO 10: Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

MEDIO AMBIENTE Y RIESGOS LABORALES POR FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

Art. 53. CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.
2. En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora.
3. La circulación de aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea superior a 15 metros por minuto a temperatura normal, ni de 45 metros por minuto en ambientes calurosos.
4. En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.
5. (Reformado por el Art. 26 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se fijan como límites normales de temperatura °C de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo

dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.

6. En los centros de trabajo expuestos a altas y bajas temperaturas se procurará evitar las variaciones bruscas.

7. En los trabajos que se realicen en locales cerrados con exceso de frío o calor se limitará la permanencia de los operarios estableciendo los turnos adecuados. 8. (Reformado por el Art. 27 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Las instalaciones generadoras de calor o frío se situarán siempre que el proceso lo permita con la debida separación de los locales de trabajo, para evitar en ellos peligros de incendio o explosión, desprendimiento de gases nocivos y radiaciones directas de calor, frío y corrientes de aire perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Art. 54. CALOR.

1. En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos en el numeral 5 del artículo anterior. 2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso:

a) Aislamiento de la fuente con materiales aislantes de características técnicas apropiadas para reducir el efecto calorífico.

b) Apantallamiento de la fuente instalando entre dicha fuente y el trabajador pantallas de materiales reflectantes y absorbentes del calor según los casos, o cortinas de aire no incidentes sobre el trabajador. Si la visibilidad de la operación no puede ser interrumpida serán provistas ventanas de observación con vidrios especiales, reflectantes de calor.

c) Alejamiento de los puestos de trabajo cuando ello fuere posible.

d) Cabinas de aire acondicionado e) (Reformado por el Art. 29 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada), conforme al siguiente cuadro:

CARGA DE TRABAJO TIPO DE TRABAJO LIVIANA MODERADA PESADA

Inferior a 200 De 200 a 350 Igual o mayor Kcal/hora Kcal/hora 350 kcal/hora Trabajo continuo 75% trabajo TGBH = 30.0 TGBH = 26.7 TGBH = 25.0 25% descanso cada hora. TGBH = 30.6 TGBH = 28.0 TGBH = 25.9 50% trabajo, 50% descanso, cada hora. TGBH = 31.4 TGBH = 29.4 TGBH = 27.9 25% trabajo, 75% descanso, cada hora. TGBH = 32.2 TGBH = 31.1 TGBH = 30.0