



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN MODELO DE
MURO VERDE PARA LA PRODUCCIÓN DE
HORTALIZAS DE HOJA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

VERÓNICA MARTÍNEZ NÁJERA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA VEGETAL



MÉXICO D.F.

MARZO DEL 2016

Investigación realizada con financiamiento de DGAPA, proyecto PE203715



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo va dedicado:

A mi esposo, compañero y amigo Gerardo del Pilar Morales:

Por su paciencia, cariño y apoyo en cada momento difícil. Por entenderme, y cuando no por lo menos escucharme.

Al mejor ser vivo que podría existir, mi fiel amigo "Ares":

Quien ha llenado de amor mi vida, dándome momentos de felicidad, dicha y esperanza.

A mis padres Magabeli Nájera Quezada y Saúl Martínez Guevara:

Por ser un ejemplo a seguir, por su apoyo, sus consejos y por brindarme lo mejor que un hijo pueda tener "su educación", y con ello la oportunidad de salir adelante y ser alguien en la vida. Ahora más que nunca entiendo su esfuerzo, sus desvelos y sus regaños; y quiero que sepan que este merito no solo es mío sino también suyo, siéntanse orgullosos por que han sabido ser no solo unas buenas personas, sino también unos buenos padres.

A mis hermanos:

Quienes me han enseñado a ver mis errores y han sido mi motivación.

A Saúl, por ser el más centrado de mis hermanos y enseñarme a pensar más las cosas antes de decirlas, a Yecenia por contagiarme de su alegría e ímpetu para hacer todo, a Miguel por su persistencia y por ser tan solidario y generoso, a José por su inteligencia y su forma más humana de ver la vida, a Laura por su valentía y por buscar siempre sus sueños.

A mis abuelas (Antonieta, Natividad y Emerenciana):

Quienes me dieron la oportunidad de conocerlas y me enseñaron a valorar lo que se tiene, sé que donde quiera que se encuentren estarán felices de ver que a pesar de tantos obstáculos por fin alcanzo otra de mis metas.

¡Los Quiero Mucho!

Agradecimientos

¡Gracias!

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser una segunda casa, la cual me brindó una gran formación y me dio la oportunidad de conocer a un grupo excepcional de profesores, administrativos y trabajadores.

Gracias también a mi directora de tesis la Dra. Socorro Orozco Almanza por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por su apoyo, su tiempo, su paciencia, sus conocimientos y su experiencia, los cuales me ayudaron a tener una mejor formación, es sin duda una gran persona.

A mis sinodales: Dr. Arcadio Monroy, Dr. Gerardo Cruz, Dra. Rosalva García y la M. en C. Florencia Becerril, por su tiempo, experiencia, comentarios y aportaciones para hacer que este trabajo quedará lo mejor posible.

Al maestro Chimal, por su paciencia y conocimientos brindados para la realización del análisis estadístico de este estudio.

A un gran amigo Humberto, quien me oriento en la instalación del sistema de riego por goteo empleada en este trabajo.

A todos mis compañeros y amigos del vivero Erika, Raquel, Ilitia, la maestra chuy, el profe Roberto, Abigail, Luís, Eduardo, Diana, Laura, Ricardo, Alejandra, Ángel, Gramsci, Octavio, Vanesa, David, Miguel, Samantha, Enia..... por compartir experiencias y crear un grupo unido y participativo.

A todos ustedes muchas gracias.

Índice

Resumen	1
I. Introducción	2
II. Antecedentes	4
III. Marco teórico	5
3.1 ¿Qué son los muros verdes?.....	6
3.1.1 Clasificación de los muros verdes.....	6
3.1.2 Beneficios de los muros verdes.....	7
3.1.2.1 Beneficios ambientales.....	7
3.1.2.2 Beneficios sociales.....	7
3.1.2.3 Beneficios económicos.....	8
3.1.3 Ejemplos de muros verdes a nivel mundial y nacional.....	8
3.2 Agricultura orgánica.....	11
3.2.1 Abonos orgánicos.....	13
3.3 Sustratos.....	15
3.4 Propagación o reproducción de especies vegetales.....	16
3.5 Hortalizas.....	17
3.5.1 La diversidad en las paredes de cultivo.....	18
3.6 Características de las especies bajo estudio.....	19
3.6.1 Albahaca.....	19
3.6.1.1 Características botánicas.....	19
3.6.1.2 Cultivo.....	20
3.6.2 Cebollín o cebollino.....	21
3.6.2.1 Características botánicas.....	21
3.6.2.2 Cultivo.....	22
3.6.3 Lechuga.....	23
3.6.3.1 Características botánicas.....	23
3.6.3.2 Cultivo.....	25

3.6.4 Perejil.....	27
3.6.4.1 Características botánicas.....	27
3.6.4.2 Cultivo.....	28
IV. Hipótesis.....	29
V. Justificación.....	29
VI. Objetivos.....	30
6.1 Objetivo General.....	30
6.2 Objetivos Particulares.....	30
VII. Metodología.....	31
7.1 Localización del área de estudio.....	31
7.2 Obtención del germoplasma.....	32
7.3 Elaboración de abonos orgánicos.....	32
7.4 Elaboración de un programa de producción escalonada.....	32
7.5 Construcción de los sistemas de cultivo.....	33
7.6 Elaboración de sustratos.....	35
7.7 Propagación y trasplante de las especies.....	36
7.8 Evaluación de las variables de respuesta.....	39
7.9 Rentabilidad económica.....	40
7.10 Punto de equilibrio.....	41
7.11 Requerimientos del cultivo.....	41
7.12 Monitoreo de las condiciones ambientales.....	42
7.13 Análisis estadístico.....	42
7.14 Esquema de la metodología resumida.....	42
VIII. Resultados.....	44
IX. Discusión.....	126
X. Conclusiones.....	155
XI. Recomendaciones.....	156
XII. Referencias.....	157
Anexos.....	168

Índice de cuadros

Cuadro 1. Distribución de las semillas en el almácigo.....	36
Cuadro 2. Trasplante a los sistemas bajo estudio.....	37
Cuadro 3. Parámetros considerados para la elaboración del calendario de producción escalonada de las seis especies bajo estudio.....	44
Cuadro 4a. Calendario de siembra por semilla de las especies bajo estudio.....	45
Cuadro 4b. Calendario de cosecha de las especies bajo estudio.....	45
Cuadro 5a. Calendario de siembra de las tres especies aromáticas bajo estudio, propagadas asexualmente (por separación de matas).....	46
Cuadro 5b. Calendario de cosecha de las tres especies aromáticas bajo estudio, propagadas asexualmente (por separación de matas).....	46
Cuadro 6. Calendario de producción escalonada para las especies bajo estudio.....	47
Cuadro 7. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.....	53
Cuadro 8. . Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.....	59
Cuadro 9. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	59
Cuadro 10. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas en ambos sistemas de cultivo.....	60
Cuadro 11. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en la instalación de un sistema de 2 m ² de muros verdes.....	62
Cuadro 12. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas.....	62
Cuadro 13. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m ² de muros verdes.....	63
Cuadro 14. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de muro, precios en el mercado orgánico y precio de venta.....	64
Cuadro 15. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en maceta (n=50).....	65

Cuadro 16. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento del cultivo en el sistema de maceta (n=50).....	66
Cuadro 17. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de maceta, precios en el mercado orgánico y precio de venta.....	67
Cuadro 18. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.....	71
Cuadro 19. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.....	71
Cuadro 20. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el primer experimento.....	72
Cuadro 21. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.....	75
Cuadro 22. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.....	78
Cuadro 23. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	84
Cuadro 24. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas en ambos sistemas de cultivo.....	85
Cuadro 25. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en muro.....	87
Cuadro 26. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m ² de muros verdes o un sistema de 50 macetas de 18 x 18.....	87
Cuadro 27. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en maceta (n=50).....	88
Cuadro 28. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio para ambos sistemas de cultivo, precios en el mercado orgánico y precio de venta.....	88
Cuadro 29. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.....	91
Cuadro 30. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.....	91
Cuadro 31. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el segundo experimento.....	92
Cuadro 32. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.....	95
Cuadro 33. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.....	99
Cuadro 34. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	105

Cuadro 35. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas (n=8) en ambos sistemas de cultivo.....	106
Cuadro 36. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en la instalación de un sistema de 2 m ² de muros verdes.....	108
Cuadro 37. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en muro y maceta.....	108
Cuadro 38. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m ² de muros verdes.....	109
Cuadro 39. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de muro verde, precios en el mercado orgánico y precio de venta.....	110
Cuadro 40. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento del cultivo en el sistema de maceta (n=50).....	111
Cuadro 41. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de maceta, precios en el mercado orgánico y precio de venta.....	112
Cuadro 42. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.....	116
Cuadro 43. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.....	116
Cuadro 44. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el tercer experimento.....	117
Cuadro 45. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.....	120

Índice de figuras

Figura 1. Muros verdes en la ciudad de México.....	10
Figura 2. Planta de albahaca con hojas de color verde e inflorescencia provista de flores blancas y púrpuras.....	19
Figura 3. Planta de cebollín, con hojas cilíndricas, huecas, color verde e inflorescencia provista de flores color morado.....	21
Figura 4. Hojas de las tres variedades de lechuga bajo estudio.....	23
Figura 5. Planta de perejil chino, con hojas color verde, crespas.....	27
Figura 6. Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.....	31
Figura 7. Germoplasma de las casas comerciales Hydroenvironment y Cosechando Natural utilizados en el presente estudio.....	32
Figura 8. Cultivo tradicional en maceta.....	33
Figura 9. Exposición a la luz del sistema de muros verdes en cada uno de los tres experimentos.....	33
Figura 10. Partes que integran el muro verde.....	34
Figura 11. Sustratos elaborados para el cultivo de hortalizas.....	35
Figura 12. Siembra de las especies bajo estudio.....	37
Figura 13. Plántulas de lechuga con tres hojas verdaderas y buen sistema radicular.....	38
Figura 14. Esquema de la metodología resumida.....	43
Figura 15. Diseño del sistema de muro verde, con cada uno de los elementos que lo integran en orientación NE, durante el primer experimento.....	50
Figura 16. Diseño y organización de las especies dentro del sistema de muro verde durante el primer y segundo experimento.....	51
Figura 17. Porcentaje de emergencia de las diferentes especies bajo estudio.....	52
Figura 18. Porcentaje de emergencia de albahaca y perejil en un cultivo en agar.....	52
Figura 19. Altura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de muro...	54
Figura 20. Altura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	54

Figura 21. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.....	55
Figura 22. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	55
Figura 23. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.....	56
Figura 24. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	56
Figura 25. Figura 24. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.....	57
Figura 26. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	57
Figura 27. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.....	58
Figura 28. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.....	58
Figura 29. Temperaturas medias y humedad relativa registradas en la unidad de producción durante la época primavera-verano.....	73
Figura 30. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época primavera-verano.....	74
Figura 31. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época primavera-verano.....	75
Figura 32. Diseño del sistema de muro verde, con cada uno de los elementos que lo integran en orientación NW, durante el segundo experimento.....	76
Figura 33. Porcentaje de emergencia de las diferentes variedades de lechuga bajo estudio.....	77
Figura 34. Altura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.....	79
Figura 35. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.....	80
Figura 36. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	81
Figura 37. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	82

Figura 38. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	83
Figura 39. Temperaturas medias y humedad relativa registrada en la unidad de producción durante la época verano-otoño.....	93
Figura 40. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época verano-otoño.....	94
Figura 41. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época verano-otoño.....	95
Figura 42. Diseño del sistema de muro verde modificado, implementando botellas de PET, con otro sustrato, sin el sistema de riego por goteo, en orientación NW, durante el tercer experimento.....	97
Figura 43. Diseño y organización de las especies dentro del sistema de muro verde, del tercer experimento.....	97
Figura 44 Porcentaje de emergencia de las diferentes especies bajo estudio.....	98
Figura 45. Altura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.....	100
Figura 46. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.....	101
Figura 47. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	102
Figura 48. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	103
Figura 49. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.....	104
Figura 50. Temperaturas medias y humedad relativa registradas en la unidad de producción durante la época otoño-invierno.....	118
Figura 51. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época otoño-invierno.....	119
Figura 52. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época otoño-invierno.....	120

Resumen

Los sistemas de naturación urbana a través de muros o paredes verdes, son una innovadora manera de decorar y cuidar el medio ambiente, la cual permite incorporar la naturaleza en nuestra vida cotidiana, haciendo uso de espacios reducidos. En México los muros que actualmente se promueven, cultivan principalmente especies ornamentales, además de que su implementación tiene un alto costo en el mercado. Ante esta necesidad el objetivo del presente estudio fue diseñar y construir un sistema de muro vertical de bajo costo que sea funcional en su estructura para el cultivo de seis hortalizas de hoja que incluyen tres variedades de lechugas (*Lactuca sativa* var. *cortesana*, *starfighter* y *ruby sky*) y tres especies aromáticas (*Ocimum basilicum* “albahaca”, *Petroselinum crispum* “perejil” y *Allium schoenoprasum* “cebollín”), las cuales se cultivaron de manera escalonada bajo los principios orgánicos; además de comparar dicho sistema con un cultivo tradicional en maceta establecido de manera horizontal. El sistema de muro fue de 2 m², con 50 sacos para el establecimiento de las plantas, colocado de manera vertical, el cual se fue perfeccionando a lo largo de tres experimentos, y estuvo constituido por una estructura de metal, una geomembrana, un geotextil confeccionado, un plástico blanco lechoso y un sistema de riego; mientras que el sistema de maceta se formó por 48 bolsas de plástico negro, colocadas sobre un bancal de manera horizontal. En ambos sistemas se registraron las variables de respuesta: porcentaje de emergencia, porcentaje de supervivencia, altura, cobertura y diámetro; y se calcularon índices de calidad de la planta como: índice de cosecha, índice de Dickson y tasa de crecimiento relativo, realizando posteriormente un análisis estadístico de las variables de ambos sistemas; se midieron variables microclimáticas (temperatura, humedad, luminosidad y radiación fotosintéticamente activa) y edáficas (pH), así como también se calculó la rentabilidad económica a través del índice costo/beneficio. Los resultados obtenidos, demostraron que factores como: la orientación a la luz, el tamaño de la maceta, el sustrato, el riego, y abonos orgánicos utilizados influyeron en el establecimiento, desarrollo y tamaño de las diferentes hortalizas, resultando las condiciones del tercer experimento, en el sistema de muros verdes, las que presentaron un mejor establecimiento y calidad de las hortalizas. El porcentaje de supervivencia de las hortalizas dentro del sistema de muro fue del 100%, lo cual lo hace un sistema viable. El índice costo/beneficio para ambos sistemas de cultivo resultó rentable económicamente. En conclusión, se generó un sistema de producción de hortalizas de calidad que además permitió el control biológico de plagas.

I. Introducción

El desarrollo de áreas verdes en las ciudades muchas veces se ve obstaculizado por la falta de superficies disponibles, lo que conlleva a la necesidad de implementar modelos que permitan optimizar dichos espacios, y sean una alternativa redituable en la producción de alimentos sanos, libres de químicos y seguros para el consumo humano.

Cultivar en ciudades es una tarea cada vez más común, debido por un lado al crecimiento demográfico de las mismas y por otro a los altos precios que han alcanzado los productos alimentarios en los últimos años.

Ante esta situación surge la naturación como una alternativa sostenible para incorporar o fomentar la naturaleza en nuestra vida cotidiana, principalmente en entornos urbanos (Briz, 1999: 7).

Briz (1999) define la naturación como al proceso de creación de una capa vegetal en cualquier superficie, logrando una actividad vital análoga a la que existe en la naturaleza (pág. 351).

En la actualidad existen diversas formas de naturación urbana que mejoran el entorno, la salud y bienestar de las personas entre ellas: la creación de azoteas verdes, terrazas naturadas, huertos urbanos y jardines verticales (Castillo, 2014: 4).

Por ello el interés de generar un modelo de **muro verde**, como una propuesta alternativa de producción de hortalizas orgánicas en entornos urbanos (viviendas comunales, edificios residenciales, comedores comunitarios, restaurantes, centros comerciales, deportivos, culturales, educativos, oficinas, inmuebles hoteleros, etc.), que permita reducir los costos de traslado, proporcione una mejor calidad en los alimentos y el uso de espacios con poco aprovechamiento.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) se estima que un espacio de apenas 1 m² puede proporcionar 20 kg de comida al año, además de ser una fuente de empleo e ingresos para mujeres y grupos desfavorecidos (FAO, 2015a: párr.12).

Los muros verdes o paredes de cultivo, término que se utilizará en este trabajo, son una ingeniosa propuesta de cultivo de hortalizas, ante la falta de espacio, cada vez más presente en las viviendas mexicanas. Estos muros, además de ofrecer como alternativa la producción de alimentos sanos y frescos, permiten el ahorro de agua en el riego (Bali, 2001: 156).

Por otro lado, la agricultura desarrollada en estos espacios, es totalmente natural y ecológica, sustentada en los principios que rigen una agricultura sostenible. Estos muros verdes, se basaron en el manejo de sustratos orgánicos, libres de fertilizantes químicos y plaguicidas así como en el control natural o biológico de plagas, por el manejo del criterio de asociación de especies.

En México, actualmente el desarrollo o diseño de muros verdes o paredes de cultivo, está en un nivel incipiente. Los pocos trabajos que hay en relación a esto, son más bien muros o paredes de cultivo, que se ofertan a la sociedad, por empresas privadas muchas veces con influencia extranjera, donde las especies que se cultivan principalmente son ornamentales, así mismo, estos tienen un alto costo en el mercado lo cual los hace inaccesibles para la mayoría de la población.

Estos muros verdes o paredes de cultivo, se pueden diseñar con especies comestibles y, de alta demanda en la dieta mexicana. De aquí que el objetivo de este trabajo fue elaborar un muro verde de bajo costo, con diferentes especies de hortalizas utilizando los principios de horticultura orgánica y que sea de utilidad en los hogares mexicanos, restaurantes, comedores populares y en todo aquel lugar que así lo necesite.

II. Antecedentes

Es importante mencionar que en la literatura especializada no se reportan trabajos semejantes al aquí propuesto, ya que la implementación de los muros verdes solo se ha realizado con fines arquitectónicos y paisajísticos (Urrestarazu y Búres, 2009: 11).

El primero de ellos fue realizado por Castillo (2014) quien construyó un modelo de jardín vertical tipo modular, hidrosebrado con base orgánica, en el cual, cultivo tres especies de gramíneas e instalo un sistema de energía fotovoltaica para automatizar el riego reutilizando el agua de lluvia, generando un sistema capaz de retener la humedad y permitir un porcentaje de germinación promedio del 70% de cobertura vegetal, haciendo uso de energía limpia.

El segundo trabajo fue el que llevo a cabo Serrato (2014) quien construyó un muro verde modular, con plantas crasas, de bajo mantenimiento y cero riego; con el cual determinó la influencia que tiene un inóculo con hongos micorrizógenos arbusculares y un fertilizante orgánico comercial sobre el porcentaje de supervivencia, la altura, cobertura y TCR de las especies bajo estudio.

Ambos estudios se basan en la creación de muros verdes de tipo modular, cultivando plantas que requieren poco mantenimiento (crasas y gramíneas), las cuales se utilizan en este tipo de sistemas, con fines meramente estéticos y ecológicos, y son como los que hoy en día ofertan las empresas privadas a muy altos costos; sin embargo, ninguno de estos trabajos considera el cultivo de hortalizas orgánicas en este tipo de sistemas, las cuales podrían ser una alternativa sustentable en entornos urbanos, para la producción de alimentos saludables para autoconsumo o para su comercialización a pequeña escala.

III. Marco teórico

La calidad de vida de la zona urbana y de sus habitantes depende en gran parte del mantenimiento de los espacios verdes, por lo que es, cada vez más necesario la disposición y creación de áreas destinadas a la vegetación en el entorno de convivencia.

Por ello el interés de que en México se implemente el uso de muros verdes, muros vivos, muros vegetales, bio muros, paredes de cultivo, paredes verdes, paredes vivas, huertos verticales o también llamados jardines verticales (Pérez, 2012: párr.1).

Esta idea tiene sus orígenes en los Jardines Colgantes de Babilonia, construidos en el siglo VI a. C. (Urrestarazu y Búres, 2009: párr.1).

Esta tendencia fue recreada por el biólogo francés Patrick Blanc quién en 1988 creó el primer muro verde en la ciudad de las ciencias y de la industria de París (GAS, 2014: párr.2). Trabaja para el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) donde está especializado en plantas del sotobosque tropical (Savinio, 2012: párr.1). Este artista no sólo ha encontrado la forma de hacer crecer cientos de plantas de todo tipo sin necesidad de materia orgánica, sino que lo ha convertido en un arte (Econstrucción para un futuro sustentable, 2015a: párr.1). Este personaje denota una gran sensibilidad para manejar las plantas y su conocimiento sobre ellas en cada uno de sus diseños, combina un manejo de texturas que sobrepasa los límites de la belleza, el contraste de colores y formas que configuran una obra de arte sustentable (Frangos, 2011: párrs.1, 3, 5).

La idea de un jardín vertical floral se originó, según reportes, en 1944 por una empresa de semillas Suiza. Esta idea se difundió posteriormente en Europa donde se utiliza en parques públicos, centros de jardinería y otros lugares. Esta técnica proporciona un método atractivo de mostrar las plantas. Los jardines verticales pueden construirse en forma (cuadrada, rectangular, espiral, etc.) y plantarse utilizando uno o ambos lados dependiendo del lugar (Larson, 1988: 499).

3.1 ¿Qué son los muros verdes?

Es un sistema vertical que consiste en el recubrimiento de una pared con plantas que crecen principalmente bajo el cultivo hidropónico. Este sistema permite que las plantas se desarrollen sin necesidad de uso de tierra y a través de un circuito cerrado de riego que proporciona humedad y nutrientes a las plantas, controlando así su crecimiento (GAS, 2014: párr.4); sin embargo, los que se instalan actualmente, implementan como sustrato principalmente suelo o mezclas de este con otros agregados.

También se define como una capa vegetal que se instala sobre una superficie hecha y acondicionada por el hombre de forma vertical (Azotea y muro verde, 2015: párr.1). Este tipo de sistema puede ser de cualquier tamaño, forma o figura, instalarse sobre una superficie plana, redonda o siguiendo cualquier perfil por complejo que sea, pueden estar suspendido, puede ser fijo, móvil o incluso portátil (Econstrucción para un futuro sustentable, 2015b: párr.1).

3.1.1 Clasificación de los muros verdes

Existen muchos modelos de muros verdes los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- ❖ **Tipo de plantación que utilizan:** En base a la selección de especies a través de un catálogo también llamado paleta vegetal.
- ❖ **Lugar de instalación:** Ya sea muro de interior o de exterior (Generación Verde, 2014: párr.1).
- ❖ **Tipo de instalación:** Que puede ser un *sistema pasivo* “en módulos o estándar (denominado también de membranas, paneles o fieltro); con bajo mantenimiento” o un *sistema activo* “automatizado con ventilación y acondicionamiento”.
- ❖ **Sistema de riego que utiliza:** Manual o cerrado “automatizado con o sin recirculación” (Terapia Urbana, 2015: párr.1).

3.1.2 Beneficios de los muros verdes

La instalación de muros verdes ofrece beneficios que pueden ser de tres tipos: ambientales, sociales y económicos (Recopilado de: Altra medio ambiente, Azotea y muro verde, Econstrucción para un futuro sustentable, Jardines Verticales México, Regeneramx, Verde vertical y Verde 360: 2015, Generación Verde y Jardines Verticales: 2014).

3.1.2.1 Beneficios Ambientales

- ❖ Mejoran la calidad del aire ya que a través del proceso de fotosíntesis absorben los rayos UV, el CO₂, las partículas suspendidas (polvo y contaminantes) y produce O₂ (donde 1 m² genera el O₂ requerido por una persona al año).
- ❖ Mejora el aprovechamiento del agua mediante la captación, filtración, retención y almacenamiento del agua pluvial.
- ❖ Generan un aislamiento térmico, reduciendo el efecto isla de calor (el aumento de temperatura en zonas urbanas en relación a sus alrededores); ya que la vegetación absorbe el calor y lo utiliza a través del proceso de evapotranspiración, evitando el sobrecalentamiento de la construcción.
- ❖ Genera aislamiento acústico ya que absorbe y reduce los sonidos de alta frecuencia (hasta 10 decibeles).
- ❖ Aumenta la biodiversidad al actuar como refugio de numerosos invertebrados y diversas especies de aves.

3.1.2.2 Beneficios Sociales

- ❖ Dan vida y embellecen el espacio.
- ❖ Permite el aprovechamiento de espacios inhábiles (principalmente en entornos urbanos), convirtiéndolos en espacios productivos.
- ❖ Genera un espacio para la convivencia y promueve la conciencia ecológica.
- ❖ Brindan salud y bienestar personal (menos susceptibilidad a enfermedades).
- ❖ El contacto con la naturaleza relaja y reduce el estrés.

3.1.2.3 Beneficios Económicos

- ❖ Son de fácil cuidado y mantenimiento.
- ❖ Da un valor agregado al inmueble de un 15% a un 25%.
- ❖ Beneficios fiscales y contables como descuentos al impuesto predial.
- ❖ Al actuar como aislante térmico, permite el ahorro de gas (para calefacción) y luz (para el uso de aire acondicionado).
- ❖ Protege el inmueble contra el calor, la lluvia, el granizo, los rayos UV; así como las fluctuaciones de temperatura, lo que genera a su vez un menor desgaste de la cubierta del edificio, prolongando la vida útil de este.
- ❖ Al cultivar hortalizas orgánicas puede generar alimentos saludables, libres de productos químicos, ya para autoconsumo o para su venta (lo cual traería consigo una remuneración económica).

3.1.3 Ejemplos de muros verdes a nivel mundial y nacional

Los muros verdes son obras de arte, que han ido implementándose de manera creciente a lo largo de todo el mundo, diversificando su diseño (forma, color, texturas, materiales para su fabricación, etc.).

Entre los jardines hechos, a nivel mundial se encuentran el de Siam Paragón Jardín Vertical en Bangkok, Tailandia; el Musée du Quai Branly de París, Francia; la tienda Antropologie de Londres, París; las Galerías Lafayette de Berlín, Alemania; Jardín Vertical Caiza Forum Madrid, España; Jardín Botánico de Missouri, Estados Unidos; Pure Yoga Wall en Nueva York, Estados Unidos y la Torre de Shot ubicada en el centro financiero de Melbourne, Australia (Yañes, 2012: 844). Así como el centro comercial Il Fiordaliso en Rozzano, cerca de Milán, Italia; el aeropuerto de Edmonton, Canadá; la Torre de Cristal de Madrid, España; el parque de diversiones Cite de L' Espace, Francia; el puente Max Juvenal, Francia; entre otros (Ruíz, 2013).

Aunque los jardines verticales en nuestro país son pocos y no muy difundidos, existen esfuerzos que vale la pena mencionar, como el jardín vertical “*Naturaleza suspendida*” ubicado en avenida Sonora, Terminal 1, puerta 7 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México que cuenta con más de 310 m² (Fig. 1a); el “*Infinito de Moebius*” que se localiza en la glorieta de acceso de la terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México que cuenta con 382 m² (Fig. 1b); el muro denominado “*El andador vertical*” ubicado en calle Regina No. 15. Col. Centro Histórico el cual cubre 265 m² del muro de la Universidad del Claustro de Sor Juana (Fig. 1c); la “*Oda a Burle Marx*” situado en Isabela Católica No. 30 Col. Centro Histórico que cubre 140 m² (Fig. 1d); “*El Hecho Siqueiros*” ubicado en contra esquina al Polyforum Cultural Siqueiros, en el cruce de la avenida Insurgentes Sur y Torres Adalid, colonia del Valle, el cual fue realizado a base de helechos mexicanos (Fig. 1e); el localizado en la avenida Chapultepec–Roma, el cual tiene 360 m² y en el que se emplearon 50,400 plantas, las cuales se colocaron como anillos, semejando la piel de una serpiente que flota en el aire en representación a Quetzalcóatl (Fig. 1f) (SDPnoticias.com, 2011: párr.20); el muro del “*Instituto de Ecología de la UNAM*” en el cual se utilizaron plantas nativas del Valle de México (Fig. 1g) (Alvarado, 2015: 7); y el muro del “*Ayuntamiento de Ciudad Nezahualcóyotl*”, que comprende las fachadas de los edificios públicos del gobierno municipal en el estado de México el cual cubre 1,450 m² (Fig. 1h); el instalado en un “laboratorio de análisis clínicos”, ubicado en las afueras del metro Oceanía (Fig. 1i); entre otros, en los cuales se utilizan diversas especies de bajo mantenimiento como pastos, plantas suculentas, helechos, musgos, líquenes, algunas especies ornamentales, etc. (Salinas, 2014: párrs. 2 y 4).

En México, algunas de las empresas dedicadas a la fabricación, instalación y mantenimiento de muros verdes son: Altra Medio Ambiente, Cosechando Natural, Econstrucción para un futuro sustentable, Generación Verde, Hidroenvironment, Jardines Verticales México, Regeneramx, Verde Vertical, Verde 360°, Verdmx, entre otras; las cuales para su instalación utilizan diferentes capas.

Recientemente la idea de implementar jardines verticales, se ha extendido por todo el mundo desde Europa hasta América y Asia llegando a revolucionar los muros de casas, comercios y edificios, debido principalmente a su innovadora manera de decorar, cuidar el medio ambiente y por ser una alternativa para optimizar los espacios, además de que puede ser una nueva forma de generar alimentos orgánicos.

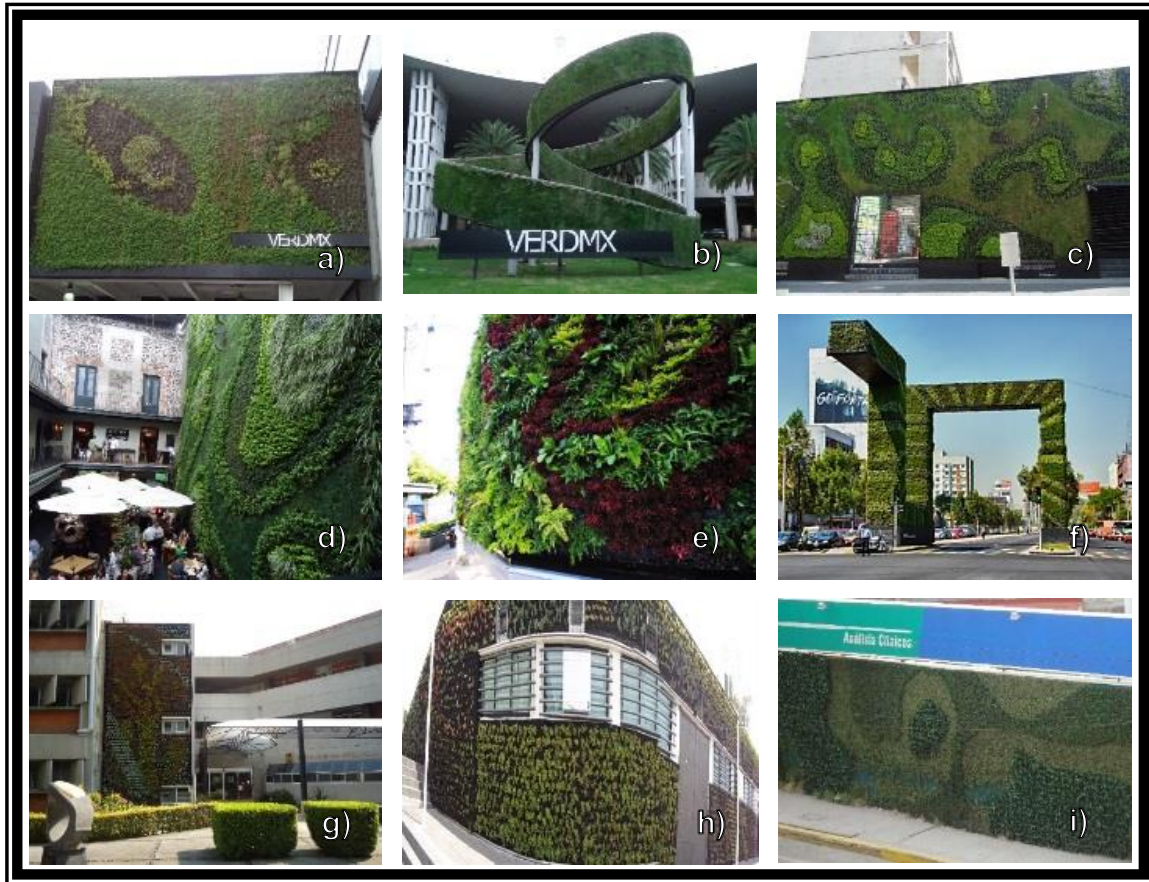


Figura 1. Muros verdes en la ciudad de México: a) “Naturaleza suspendida”, b) “Infinito de Moebius”, c) “El andador vertical”, d) “Oda a Burle Marx”, e) “El Hecho Siqueiros”, f) “El muro ubicado en Chapultepec, el cual asemeja a una serpiente”, g) “Muro del Instituto de Ecología de la UNAM” y h) “Muro del Ayuntamiento de Ciudad Nezahualcóyotl” y i) “Muro de un laboratorio de análisis clínicos”.

3.2 Agricultura Orgánica

Surgen varios problemas cuando se quiere definir a la agricultura orgánica, primero porque se le denomina de diversas formas como son: Agricultura biológica, biodinámica, ecológica, regenerativa, sostenible, etc., las cuales difieren en su significado; segundo porque se ha buscado definirla como lo que no es “agricultura que no hace uso de productos químicos” cuando esta denotación es falsa ya que toda la materia, viva o muerta, está compuesta de elementos químicos (Lampkin, 2001: 2-4).

Duran (2005) define la agricultura orgánica como una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que se desencadenan de manera espontánea en la naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos. Según el ministerio de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, la agricultura orgánica es un tipo de producción que evita o excluye en gran parte el uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores del crecimiento y aditivos (pág. 22).

De acuerdo a la Comisión del Codex Alimentarius (Código de alimentos) en 1995, la agricultura orgánica es un sistema integral de producción que promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad microbiana del suelo (pág. 34). Este tipo de producción trata de utilizar semillas producidas de manera natural (no modificadas genéticamente); de desarrollar sistemas productivos autosustentables y permitir un acercamiento entre el productor y el consumidor, desarrollando espacios de convivencia (Alcalá, s.f.:5).

Hoy en día es poca la gente que entiende lo que significa que un producto sea orgánico, lo único que logran percibir es que cuenta con un sobreprecio (25 a 40% más que un producto convencional) y que en contadas ocasiones presenta un logotipo de certificación, además de que su presentación no es tan agradable a la vista.

El concepto de producto orgánico no es nuevo, inició en Inglaterra, después de la segunda Guerra Mundial, y está relacionado con el proceso que se sigue para la producción de alimentos, y abarca los procesos de preparación de la tierra, siembra, cosecha, almacenaje y procesamiento de alimentos. Lo que se busca en todo el proceso, es que el alimento no contenga ningún tipo de químico que altere sus propiedades naturales, haciendo énfasis en no utilizar pesticidas, ni herbicidas o fertilizantes que no sean naturales, ya que dichas sustancias pueden llegar a tener efectos negativos tanto en el consumidor como en el productor, además de afectar al ecosistema (Alcalá, s.f.: 4 y 5). Por el contrario promueve alimentar los microorganismos del suelo (bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc.) a través de la adición de los desechos vegetales, abonos verdes, estiércol de animales o desechos orgánicos composteados, para mantener la fertilidad del suelo (Roog, 2000 citado por Montiel, 2013: 4).

En México, se cultivan más de 50 productos orgánicos, entre los que ocupan mayor superficie está el café, las hortalizas y las hierbas aromáticas o medicinales (SEMARNAT, 2011: 154).

El interés por el sector de alimentos orgánicos va en aumento, del 100% de producción nacional, 85% se exporta a Estados Unidos, Canadá y Europa y el restante 15% es para el consumo en nuestro país, dijo el secretario de Exporgánicos Jesús Ortiz Haro, quien aclaró que si bien el mexicano ha tomado conciencia respecto a los alimentos que consume, estos tienen un costo mayor a los convencionales debido a su calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud (FAO, 2015b: párrs.1 y 2).

Algunos sitios donde se comercializan productos orgánicos en el Distrito Federal son: The Green Corner, Aires del campo, Superama, Chedraui, Wal-Mart, tiendas naturistas, también en tianguis orgánicos como el de Metepec, el de Chapingo y el de la FES-Zaragoza. Además algunos restaurantes como Villa Dulce en el estado de México venden platillos, bebidas y postres hechos con flores orgánicas.

3.2.1 Abonos Orgánicos

Se denomina así, a los materiales que aportan uno o más nutrientes, los cuales pueden ser incorporados al suelo, sobre el follaje de las plantas o a otro medio de cultivo complementando el suministro de macro y micro nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta (Parker, 2000: 122 y 138).

Paredes *et al.* (2007) lo definen como un producto natural que se obtiene de la descomposición de residuos de origen animal, vegetal o mixto de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; además de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción, productividad y calidad de los cultivos (pág. 2).

Durante años, estos abonos fueron la única fuente utilizada para mejorar y fertilizar los suelos; primero en su forma simple como residuos de origen vegetal o animal y posteriormente en formas más elaboradas como compost y otros.

Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras, sedimentos orgánicos (Trinidad, 2015: 2) y abonos líquidos (Téllez, 2001: 2).

Algunas formas de clasificarlos son, en abonos no procesados como el estiércol o procesados como la composta (Cosechando Natural, 2015a: párr.2). De acuerdo a la FAO (2013) se clasifican en *abonos sólidos* (los cuales se añaden directamente al suelo como la composta o el bocashi) y *líquidos o también denominados abonos foliares* o biofertilizantes (los cuales se aplican en el suelo o en la planta como el biol o los microorganismos de montaña) (pág. 10).

Los abonos orgánicos líquidos se usan de manera complementaria para suplir necesidades de elementos menores, estimular el crecimiento de las plantas y revitalizar el suelo (Orozco, 2014a: 92), así como para estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades (Restrepo, 2007: 92).

Los abonos orgánicos son muy variables en su composición física y química principalmente en el contenido de nutrimentos; la aplicación constante de ellos, con el tiempo, mejora las características físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Trinidad, 2015: 2).

Los abonos orgánicos, son formadores de humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana; haciéndolo más propicio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos.

También pueden abatir la acidez intercambiable (Al^{3+} e H^+) y Al y Fe extractables en los suelos ácidos que influyen en la retención de fosfatos y otros aniones, disminuyendo la disponibilidad de ellos (Trinidad, 2015: 2).

Es cierto que, en comparación con los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a que están sometidos (Trinidad, 2015: 7).

Los tipos de abono a los que se pueden recurrir, así como las cantidades a elaborar, dependen del tamaño de la finca, de la disponibilidad de recursos y de la mano de obra. Al tratarse de la preparación y aplicación de abonos, se debe partir, en la medida de lo posible, de un análisis de suelo que nos refiera sobre las condiciones limitantes del mismo (deficiencia o exceso de minerales, acidez, compactación, erosión, entre otros aspectos) (Picado y Añasco, 2005: 3).

Algunas de las ventajas del uso de abonos orgánicos es que son más económicos, menos dañinos para el medio ambiente (ya que aprovechan los residuos orgánicos locales, evitando malos olores y reduciendo la contaminación), permite generar alimentos sanos, siempre y cuando los residuos con los que se elaboran sean tratados de manera adecuada.

3.3 Sustratos

El término sustrato se aplica en la horticultura a todo material distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que en forma pura o mezclado permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta. El cultivo de las plantas en sustrato permite un mejor control del medio ambiente de la radícula, sobre todo en los aspectos relacionados con el suministro de agua, oxígeno y nutrientes (Abad, 1995 citado por Rodríguez, 2002: 28).

Según la interacción con las plantas los sustratos se clasifican en *orgánicos* (materiales químicamente activos) que intervienen en el proceso de absorción y fijación de nutrientes e *inorgánicos* (materiales químicamente inertes) los cuales no interviene en el proceso de nutrición (Rodríguez, 2002: 28).

Dentro de los sustratos orgánicos se encuentran productos de desecho de alguna actividad agropecuaria o industrial como el aserrín, la fibra de coco, cascarilla de arroz, la corteza, musgo, o algunos fabricados como los geles y las espumas sintéticas; y entre los sustratos inorgánicos están la lana de roca, arena de río, arena de mar, perlita, vermiculita, grava, granzón, las arcillas expandidas, el vidrio molido, el ladrillo triturado, tezontle, etc. (Rodríguez, 2002: 36-43).

A pesar de existir gran variedad de sustratos, no existe uno que reúna todas las características deseables, por lo que se elaboran mezclas de diferentes sustratos (orgánicos e inorgánicos) con el fin de cubrir las características que el otro no presente (Rodríguez, 2002: 34).

Algunos aspectos tomados en cuenta al elegir un sustrato son: que promueva un buen sostén mecánico para las raíces, cierto grado de porosidad (para la movilización y distribución del aire y agua), que sea liviano, químicamente inerte, este disponible y sea de bajo costo (Rodríguez, 2002: 30). Así como buena retención de humedad, capilaridad y en cultivos hidropónicos; presente estabilidad física y sea biológicamente inerte (Hidroenvironment, 2015: párrs. 8-33).

3.4 Propagación o reproducción de especies vegetales

La propagación de las plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto asexuales como sexuales (Hartmann y Kester, 1999: 13).

La propagación sexual se efectúa por medio de semillas, mientras que la asexual puede efectuarse a partir de diversos órganos vegetativos provenientes de la fragmentación de la planta madre. La primera promueve la variabilidad de los individuos, y consiste en la unión de células sexuales masculinas y femeninas, que a través de un proceso de polinización-fecundación dará lugar a la formación del fruto y las semillas. La segunda genera individuos idénticos al progenitor, sin que exista intercambio del material genético y se efectúa a partir de las yemas contenidas en distintas partes de la planta (Álvarez, 2011: 10-15).

Algunos de los órganos utilizados para la propagación asexual son: estolones, tubérculos, rizomas, cormos o bulbos, renuevos o hijuelos también denominado separación o división de matas, esquejes o estacas de órganos diversos, acodo, injerto y multiplicación in vitro (Maroto, 1990: 223).

Es importante considerar que cada especie tiene una forma de propagación más favorable; sin embargo, en algunas especies se pueden utilizar ambas (sexual o asexual), como es el caso de las plantas aromáticas.

La propagación asexual se recomienda cuando se desea preservar ciertas características de la especie, cuando las semillas de la especie de interés no son viables, presentan latencia compleja, tienen un periodo juvenil muy largo o características juveniles indeseables y cuando se desea combinar en una sola planta dos o más clones por injerto (Hartmann y Kester, 1999: 219 y 220).

Es importante considerar que al seleccionar el material vegetal (semillas o parte vegetativas) para la propagación, estas deben estar libres de patógenos y propagarse en condiciones asépticas (Hartmann y Kester, 1999: 56).

3.5 Hortalizas

El término hortaliza es usado para referirse a un grupo bastante numeroso de plantas cultivadas de características muy variables entre ellas. La diversidad existente en el grupo hace difícil una definición clara, exacta e integradora del término.

Rimache (2011) las define como aquellas plantas herbáceas de las cuales una o más partes pueden ser utilizadas como alimento del hombre en su forma natural, sin previa transformación (pág. 22).

Sin embargo una definición más completa dada por Sánchez (2004), considera que “las hortalizas son plantas herbáceas, de ciclo anual o bienal, excepcionalmente perenne, de prácticas agronómicas intensivas, cuyos productos son usados en la alimentación humana en estado natural o procesados y que presentan un alto contenido de agua (mayor al 70%) un bajo contenido energético (inferior a 100 cal/100 g) y una corta vida útil en poscosecha (variable desde unos pocos días hasta un año como máximo)”.

Las hortalizas son cultivos de importancia económica, porque posiblemente son los que más rinden por unidad de superficie, además son de corto periodo vegetativo, lo que permite obtener de dos a tres cosechas al año. De ahí la importancia de estas en la alimentación humana, constituyendo una rica fuente de minerales y vitaminas (Rimache, 2011: 23). Además de ser productos de alta demanda en mercados locales, regionales y nacionales, brindan oportunidades de trabajo y pueden ser cultivadas fácilmente en los hogares.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir por lo menos 400 g de hortalizas al día (como entremés, guarnición o platillo principal, crudas o cocidas) por persona, para reducir el riesgo de adquirir enfermedades crónicas como obesidad, diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, entre otras (FAO, 2006: párr.3).

3.5.1 La diversidad en las paredes de cultivo

La diversidad se refiere a la riqueza de especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente dentro de un ecosistema (Altieri y Nicholls, 2000: 169). Esta diversidad juega un papel importante en el funcionamiento de sistemas agrícolas, proporcionando una gran variedad de servicios ecológicos como el control biológico, el reciclaje de nutrientes, la conservación de suelo y agua, etc. (Altieri y Nicholls, 2000: 171).

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas (Altieri y Nicholls, 2000: 168).

Los sistemas de cultivos diversificados, tales como los basados en policultivos son más sustentables y más conservadores de recursos (Altieri y Nicholls, 2000: 179) y permiten un control biológico más eficiente, que el que ofrece un monocultivo. De aquí que las paredes de cultivo deben manejar por lo menos dos especies, para asegurar su estabilidad ecológica (control de plagas).

Manejar un cultivo diversificado es también un respaldo, ya que si un cultivo es susceptible a plagas o enfermedades, cambios de temperatura, pH, salinidad, falta de nutrimentos, etc., los otros persisten, generando menores pérdidas; además, promueve la diversidad alimentaria, aumentando los rendimientos de productos cosechados por unidad de área de un 20 a un 60%, debido a la reducción de pérdidas por malezas, plagas, enfermedades y competencia por recursos (El-Haje y Hattam, 2003: 121).

Dicha biodiversidad se puede evaluar en tres niveles distintos: el primero es la diversidad de genes, el segundo lo constituyen la diversidad de especies y por último la diversidad de ecosistemas. Su valor radica en que nos proporcionan importantes servicios ambientales (Cervantes, 2006: 9 y 10).

3.6 Características de las especies bajo estudio.

3.6.1 Albahaca



Nombre científico: *Ocimum basilicum* L.

Familia: Labiaceae

Lugar de procedencia: originaria de la India (Messiaen, 1979: 408).

El nombre genérico deriva de la palabra griega *okimon*, oloroso en alusión a la fragancia de sus hojas, el nombre específico proviene de la palabra *basilicón* real o regio, expresando su carácter principal (Méndez, 2004: 50).

Figura 2. Planta de albahaca con hojas de color verde e inflorescencia provista de flores blancas y púrpuras.

3.6.1.1 Características botánicas:

Planta herbácea anual, aromática, glabra o un poco pubescente, de 30 a 50 cm de altura; tallo erecto color verde a menudo purpúreo, cuadrado (Linares *et al.*, 1994: 28); especie ramificada, con hojas opuestas, pecioladas, aovadas, lanceoladas y ligeramente dentadas, de color verde más o menos oscuro; las flores son blancas y ligeramente purpúreas (Fig. 2); el fruto está formado por cuatro aquenios pequeños y lisos (Méndez, 2004: 50). Inflorescencia de racimo verticilado, moderadamente densa (Linares *et al.*, 1994: 28). La floración se lleva a cabo entre junio y julio, de manera lenta, empezando a brotar las flores por la parte superior de la planta (Berdonces, 2001: 43).

Las hojas de la albahaca tienen un inconfundible olor aromático dulce el cual es más intenso en la albahaca de hoja pequeña que en la de hoja grande (Berdonces, 2001: 40).

Su aceite esencial se compone entre otras sustancias de linalol, acetato de linalilo, cineol, estragol, pineno, eugenol y alcanfor. También contiene hasta un 4% de taninos (Berdonces, 2001: 42).

3.6.1.2 Cultivo.

Se reproduce por semilla, su cultivo es fácil y poco problemático. Se siembra en semillero a partir de marzo en las zonas más cálidas y, a partir de abril en las zonas templadas y frías. En climas templados y en lugares protegidos de los fuertes vientos, se puede cultivar en media sombra (Bueno, 2004: 372). El cultivo exige terrenos frescos, sueltos, bien drenados, provistos de sustancias orgánicas y soleados (Fersini, 1976: 202).

Las plántulas se trasplantan cuando alcanzan aproximadamente 10 cm de altura (Medicina Natural, s.f.: 33). Su trasplante a la intemperie suele efectuarse en los meses de abril-mayo (Bueno, 2004: 372).

Para usos medicinales o culinarios se recolecta antes que se abran las flores (Medicina Natural, s.f.: 33). Se cultiva con numerosas finalidades: ahuyentar los mosquitos, proteger de los ataques de pulgones cuando se cultiva intercalada entre pimientos o berenjenas, se ha demostrado que contiene componentes biológicamente activos que actúan como repelente, insecticida, nematicida, fungicida y antimicrobiano (Millán, 2008: 30). Se usa con fines ornamentales y como condimento en la cocina, picada muy fina y esparcida por encima, resulta un excelente condimento de ensaladas; también forma parte de los ingredientes básicos del pisto provenzal o de la salsa pesto italiana (Bueno, 2004: 372), como aromatizante de salsas, pescados, quesos y legumbres. Es eficaz para calmar irritaciones cutáneas, se utiliza en perfumería, jabonería y cosméticos, en la preparación de productos bucales, en licorería y alimentación (Méndez, 2004: 50).

Presenta un efecto antiespasmódico y estomacal ya que relaja el tubo digestivo. Su aceite esencial tiene efecto antiséptico, incluso de tipo antibiótico. Se desconocen los efectos secundarios o tóxicos (Berdonces, 2001: 42).

3.6.2 Cebollín o cebollino



Figura 3. Planta de cebollín, con hojas cilíndricas, huecas, color verde e inflorescencia provista de flores color morado.

Nombre científico: *Allium schoenoprasum* L.

Familia: Liliáceae

Lugar de procedencia: originario de las estepas de la Rusia asiática, de la región de Kirghizia (Berdonces, 2001: 98).

El nombre genérico, *Allium*, deriva del celta “*all*”, que significa ardiente, picante.

El nombre específico deriva del griego “*schoenos*”, junco - las hojas recuerdan a los juncos y “*prasos*”, puerro - por cierta similitud en el sabor.

3.6.2.1 Características botánicas:

Planta herbácea perenne que mide 30 cm de altura (Dick, 1982: 144) forma matas de hojas estrechas, huecas y de crecimiento bajo (Brewster, 2001: 15) de color verde oscuro, muy alargadas y de sección redonda (Kötter, 2003: 47), o cuadrangulares, acuminadas y glaucas las cuales estas dispuestas en espiral (Villegas *et al.*, 2013: 9). Cada dos o tres hojas formadas, se desarrolla una yema axilar y forma un tallo lateral, razón por la cual las plantas crecen constituyendo un racimo de tallos, los cuales permanecen unidos entre sí sobre un rizoma corto, y la planta no forma bulbos (Brewster, 2001: 15).

Presenta una inflorescencia tipo umbela, de 20 a 25 cm de altura, la cual esta provista de numerosas flores, de 1 a 2 cm de diámetro (Villegas *et al.*, 2013: 9). Las flores son de color rosa violáceo (Kötter, 2003: 47), las cuales se disponen sobre un pedicelo muy corto (Fig. 3).

La floración se produce de junio-julio y dura unas tres semanas. Los frutos son cápsulas parecidas a las de la cebolla, que contienen seis semillas (Villegas *et al.*, 2013: 10)

El cebollín tiene un sabor suave, que nos recuerda a la vez al ajo y la cebolla aunque no tan intenso como estos dos (Berdonces, 2001: 99). De este cultivo se exportan sus hojas (Villegas *et al.*, 2013: 11). Es rico en vitamina C, también contiene caroteno, vitamina A y B₂, calcio, hierro, fósforo y potasio (Villegas *et al.*, 2013: 29 y 30). Su aceite esencial contiene compuestos sulfurados, como el Alilo que controla el desarrollo de hongos y bacterias (Berdonces, 2001: 98).

3.6.2.2 Cultivo.

Se propagan vegetativamente o a partir de semilla, su cultivo es fácil y poco problemático (Kötter, 2003: 47). Sin embargo su crecimiento y desarrollo a partir de semilla es muy demorado. Otra forma de propagación es a través de división de matas o hijuelos, en donde se seleccionan aquellos con tallos gruesos, bien formados, los cuales se depositan en hoyos de 5 a 10 cm de profundidad (Villegas *et al.*, 2013: 16). El cultivo exige suelos húmedos, ricos en nutrientes y humus; y lugares asoleados o con semisombra (Kötter, 2003: 47).

Presenta una buena asociación con el cultivo de espinaca, zanahoria y tomate (Millán, 2008: 38). Se cultiva con numerosas finalidades: como planta repelente, como condimento de ensaladas, sopas, guisos y menestras, además de realzar el sabor de casi todos los platillos, excepto los de pescado (Berdonces, 2001: 99). Las hojas se utilizan crudas como condimento y parcialmente cocidas en tortillas o cualquier receta a base de huevo, en las salsas y en las mantequillas a base de hierbas finas. Las hojas del cebollín pueden congelarse para su almacenamiento, pero no secarse (Villegas *et al.*, 2013: 28).

Presenta un efecto digestivo, aperitivo y antiséptico. También se considera antiescorbútico, antitusígeno, cardiotónico, diurético, expectorante, hipoglucemiante, laxante y estimulante (Villegas *et al.*, 2013: 30).

3.6.3 Lechuga



Figura 4. Hojas de las tres variedades de lechuga bajo estudio a) var. cortesana, con hojas de color verde y bordes lisos; b) var. ruby sky, con hojas de color verde-rojizo y bordes aserrados y c) var. starfighter, con hojas de color verde y bordes aserrados.

Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

Familia: Compositae

Lugar de procedencia: Originaria de la cuenca del mediterráneo extendiéndose rápidamente por Europa y traída a América (Sánchez, 2004: 10).

El nombre genérico *Lactuca* procede del latín lac, - tis (leche). Tal etimología refiere al líquido lechoso (de apariencia “láctea”), que es la savia que exudan los tallos de esta planta al ser cortados.

El adjetivo específico *sativa* hace referencia a su carácter de especie cultivada (Mundo, 2013: 118).

3.6.3.1 Características botánicas:

Planta herbácea, anual, con sistema radicular profundo y poco ramificado, presentan una raíz primaria pivotante y algunas raíces secundarias extendidas lateralmente (Sánchez, 2004: 28). Su tallo es muy corto, no ramificado, del cual salen las raíces y las hojas (Cabrera, 2009: 40).

Las hojas son grandes, brillantes, lisas o crespas, de color verde, pasando por el amarillo hasta el rojo. Su disposición en el tallo es variable puesto que en algunas especies las hojas se mantienen desplegadas y abiertas; y en otras, en cierto momento de su desarrollo, las hojas se expresan de tal manera que forman una cabeza o cogollo más o menos consistente y apretada (Cabrera, 2009: 40).

La consistencia de las hojas puede ser correosa o blanduzca. El borde de los limbos foliares puede ser liso, ondulado o aserrado. En estados vegetativos avanzados el cogollo o manojo central de hojas, se abre para dar paso a un tallo cilíndrico y ramificado portador de hojas, así como de capítulos florales amarillentos en racimos o corimbos (Maroto, 1983: 191 y 192); cada capítulo se compone de un involucre de brácteas herbáceas, erectas y solapadas rodeando de 10-20 flores perfectas (Sánchez, 2004: 29). El fruto es un aquenio provisto de un vilano plumoso (Maroto, 1983: 191), con un tamaño aproximado de 2-3 mm (Sánchez, 2004: 29).

Las semillas son largas, de 4 a 5 mm, su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas (Mundo, 2013: 119).

Las lechugas presentan una gran diversidad debido principalmente a diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento (Sánchez, 2004: 28).

Existen a nuestra disposición más de doscientas variedades de lechugas. Comercialmente hay tres clases de lechugas bien definidas las de repollo, con cogollo bien cerrado y redondeado que hace innecesario forzar su blanqueo; las de cortar, que permiten sucesivos cortes de sus hojas y rebrotan como las acelgas y las alargadas o romanas que suelen atarse para el blanqueo del cogollo (Bueno, 2004: 261).

En el presente estudio se manejaron tres variedades de lechugas que se clasifican entre las lechugas de cortar las cuales son: *Lactuca sativa* var. cortesana, b) *Lactuca sativa* var. ruby sky y c) *Lactuca sativa* var. starfighter (Fig. 4).

La variedad cortesana presenta hojas de color verde, brillantes, de consistencia mantecosa, con bordes lisos y textura correosa; desarrolla una inflorescencia provista de flores amarillas y sus semillas son de color café oscuro.

La variedad ruby sky presenta hojas de color verde-rojizo, brillantes, con bordes aserrados y textura lisa; desarrolla una inflorescencia provista de flores amarillas y produce semillas de color café oscuro.

La variedad starfighter presenta hojas de color verde, brillantes, con bordes aserrados y textura lisa; desarrolla una inflorescencia provista de flores amarillas y produce semillas de color café oscuro.

Las hojas de la lechuga tienen sabor dulce y muy jugoso por su alto contenido de agua, las cualidades nutritivas son apreciables por su contenido en enzimas, vitaminas A, B, C, D y E, además de que contienen bastantes minerales entre los que destacan el calcio, el cinc, el cobre, cloro, fósforo, magnesio, potasio, hierro y sodio, es importante consumir las hojas verdes y oscuras, pues las blanqueadas son más pobres en clorofila y por consiguiente contienen menos nutrientes (Bueno, 2004: 260 y 261).

3.6.3.2 Cultivo

Se reproduce por semilla, son plantas vivaces, que germinan y se desarrollan con facilidad. Se siembra en semillero o por siembra directa en la zona de cultivo en cualquier época del año (Bueno, 2004: 262). Aunque existe un gran número de variedades cultivadas que se adaptan a una amplia gama de climas, en general prefieren climas templados y húmedos (Maroto, 1983: 194). El cultivo exige una posición soleada, o en zonas de clima cálido, una posición a media sombra (Peel, 2005: 44), aunque el excesivo calor puede provocar una floración prematura y un sabor amargo en las hojas; crece bien en suelos francos, frescos (Maroto, 1983: 194), bien drenados y húmedos (Peel, 2005: 44), ricos en humus y materia orgánica bien descompuesta (Bueno, 2004: 262).

El trasplante se efectúa de los 30 a 40 días después de la siembra, cuando las plántulas presentan de 6 a 8 hojas y una altura aproximada de 8 cm desde el cuello del tallo hasta la punta de las hojas (Mundo, 2013: 121).

Las lechugas pueden requerir para madurar de 6 a 14 semanas, lo que depende de la variedad (Peel, 2005: 44). Se cosecha antes de que se inicie la elongación del tallo floral o que las hojas se tornen amarillas (Cabrera, 2009: 42). La madurez de la lechuga se basa en la compactación de la cabeza, una cabeza compactada requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, considerándose apta para ser cosechada; una cabeza muy suelta esta inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobre madura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen un mejor sabor que las sobremaduras y también menos problemas en poscosecha (Sánchez, 2004: 28).

Tienen propiedades antiespasmódicas, aperitivas, tranquilizantes, depurativas, refrescantes, remineralizantes y nutritivas (Bueno, 2004: 261). Se usa como ingrediente básico en la mayor parte de ensaladas y también en dietas bajas en calorías, como decoración para dar realce a ciertos platillos sobre todo variedades con tintes rojizos (Cabrera, 2009: 41).

3.6.4 Perejil



Nombre científico: *Petroselinum crispum* M.

Familia: Apiaceae (Schauenberg y Paris, 1980: 74).

Lugar de procedencia: de origen mediterráneo y asiático (Méndez, 2004: 71).

El nombre genérico *Petroselinum*, significa apio de roca o apio de piedra, ya que *petros* deriva de la raíz latina “piedra”; mientras que *selinum* es el nombre vulgar que los latinos daban al apio.

El nombre específico *crispum* proviene del latín y significa “pelo rizado” en alusión a la forma de los bordes de sus hojas.

Figura 5. Planta de perejil chino, con hojas color verde, crespas.

3.6.4.1 Características botánicas:

Planta herbácea bianual de tallo ramificado de hojas alternas que alcanza hasta 1 m de altura; sus hojas son compuestas, divididas hasta tres veces, de color verde oscuro (Fig. 5); las flores son verdes amarillosas; el fruto está formado por un diaquenio oval (Méndez, 2004: 71), florece y produce semillas a partir del segundo año de su siembra (Bueno, 2004: 376).

Las hojas del perejil tienen un olor fresco y suave el cual es más intenso en las raíces (Berdonces, 2001: 182).

Su aceite esencial se compone entre otras sustancias de luteolol-7-glucósido, apiína, apiósido, apiol, enmiristicina, aliltetramentoxibenceno, entre los compuestos del perejil se han encontrado políinas, unas sustancias potencialmente tóxicas que en cantidades pequeñas no produce alteraciones; sin embargo, la presencia de esta sustancia hace que sea una especie tóxica para ciertos pájaros como los canarios (Berdonces, 2001: 182).

Tiene importantes cantidades de vitamina A y C, (Berdonces, 2001: 184), también vitaminas B₁, B₂, E, PP y elementos minerales como sodio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, yodo, fósforo, potasio y azufre.

3.6.4.2 Cultivo.

Se reproduce por semilla, su cultivo es fácil y poco problemático. Se siembra en zonas de inviernos templados en semillero durante prácticamente todo el año, (Maroto, 1983: 273); en zonas cálidas podemos sembrarlo a partir de finales de febrero o marzo, en climas más fríos en abril. En verano le convienen zonas sombreadas y abundante riego. Si se siembra entre agosto y septiembre se tiene perejil en invierno (Bueno, 2004: 376). Es una planta de media sombra la cual exige suelos ricos en nutrientes, permeables y con buen drenaje (Kötter, 2003: 47).

Su cultivo es favorable en asociación con los tomates, las cebollas y los espárragos; y desfavorece su asociación con las lechugas, al estar sus raíces en contacto cuando comparten un espacio y sustrato (Bueno, 2004: 376), cosa que no sucede cuando las hortalizas se cultivan en maceta o recipientes aislados donde las raíces no establecen un contacto directo. Posee propiedades repelentes que afectan a gusanos cortadores (Millán, 2008: 72). Se utiliza como planta de aderezo, aromática y sazonzadora de distintas preparaciones culinarias (Maroto, 1983: 272), como adorno de platillos y bebidas (Berdonces, 2001: 184).

Se utiliza como diurético, urológico, espasmódico, carminativo, antirreumático, sedante, estimulante uterino, evita y cura los cólicos menstruales, alivia las intoxicaciones causadas por exceso de bebidas alcohólicas, ejerce una potente acción sobre los aparatos urinarios y digestivos, en dosis pequeñas estimula el apetito y la digestión, al masticar la planta o frutas cura las ulceraciones de la boca y controla el mal aliento. No emplear abundantemente en dosis altas por que puede producir congestión o ser tóxico (Méndez, 2004: 72).

IV. Hipótesis

Las hortalizas de hoja, tales como albahaca (*Ocinum basilicum* var. italian large leaf), cebollín (*Allium schoenoprasum* var. cojumatlan), lechuga italiana de hoja rojiza (*Lactuca sativa* var. ruby sky), lechuga italiana de hoja verde (*Lactuca sativa* var. starfighter), lechuga mantequilla o francesa (*Lactuca sativa* var. cortesana) y perejil chino (*Petroselinum crispum* var. moss curled), podrán establecerse con éxito en un muro vegetal, debido a que su sistema radical es más superficial, que profundo y su peso es ligero.

V. Justificación

Debido a la falta de espacios para cultivo en las ciudades, a los problemas de aridez que se presentan en algunos lugares de la República Mexicana, así como a la falta de literatura especializada, es cada vez más urgente, generar alternativas prácticas, para la producción de alimentos, como es el uso de espacios verticales para establecer a través de muros verdes o paredes de cultivo una serie de hortalizas. Esto puede hacerse en los hogares, en escuelas, o comercios urbanos como restaurantes, en donde se produzcan alimentos, no solo en cantidad suficiente, sino con la calidad que asegure una buena nutrición. Por otro lado, los cultivos en paredes, bajo los principios ecológicos, ofrece grandes ventajas: a) de tipo ambiental (mantienen una temperatura constante y agradable cerca del sitio donde se establecen, mejoran la calidad del aire y pueden ser aislantes naturales del ruido); b) de tipo social (constituyen espacios de terapia ocupacional, lo cual contribuye a reducir el estrés, fomenta la convivencia entre las personas, mejora la estética y el entorno urbano) y c) económicas (aumentan el valor de las edificaciones, generan ahorro de aire acondicionado, así como alternativas de trabajo para la producción de plantas de diversas especies, para venta o autoconsumo).

VI. Objetivos

6.1 Objetivo General

Diseñar y construir un muro vertical de bajo costo y viable para la producción de seis hortalizas: albahaca (*Ocimum basilicum* var. italian large leaf), cebollín (*Allium schoenoprasum* var. cojumatlan), lechuga italiana de hoja rojiza (*Lactuca sativa* var. ruby sky), lechuga italiana de hoja verde (*Lactuca sativa* var. starfighter), lechuga mantequilla o francesa (*Lactuca sativa* var. cortesana) y perejil chino (*Petroselinum crispum* var. moss curled), que pueda ser instalado en espacios reducidos de hogares, restaurantes, escuelas, comedores comunitarios, etc.

6.2 Objetivos Particulares

- ❖ Diseñar un sistema de muro que sea funcional en su estructura, para la producción de las seis hortalizas bajo estudio.
- ❖ Elaborar un calendario de producción escalonada (siembra y cosecha) para las seis especies, con el fin de mantener la cosecha continúa durante un año.
- ❖ Evaluar el establecimiento, desarrollo y tamaño de las seis hortalizas, en la pared de cultivo, en relación a tres experimentos independientes.
- ❖ Evaluar el rendimiento de las lechugas producidas en la pared de cultivo (instalado en forma vertical) y compararlas con las del cultivo tradicional (en macetas, colocadas de manera horizontal), en cada uno de los tres experimentos independientes.
- ❖ Evaluar los costos de producción de cada especie, así como la rentabilidad económica del sistema en general con base al índice de costo/beneficio.

VII. Metodología

El estudio se llevó a cabo en tres experimentos independientes, con el fin de comparar los resultados bajo diferentes condiciones de manejo.

7.1 Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Vivero del Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica Chimalxochipan (CCAUCH) de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, en el campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES-Z), ubicado en la zona oriente de Distrito Federal, en la Delegación Iztapalapa (Fig. 6).



Figura 6. Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

7.2 Obtención del germoplasma

En el presente estudio se utilizaron semillas certificadas de albahaca, perejil chino, cebollín, lechuga francesa, las cuales se compraron en la casa comercial “Hidroenvironment”; mientras que las semillas restantes de lechugas italianas se compraron en la casa comercial “Cosechando Natural”, las plantas aromáticas de albahaca, cebollín y perejil utilizadas para la propagación asexual fueron adquiridas en el Mercado de plantas y flores MadreSelva, de la delegación Xochimilco (Fig. 7).



Figura 7. Germoplasma de las casas comerciales Hidroenvironment y Cosechando Natural utilizados en el presente estudio.

7.3 Elaboración de abonos orgánicos

Se llevó a cabo la elaboración de tres tipos de abonos utilizados actualmente en la agricultura orgánica (bocashi, lombricomposta y microorganismos eficientes) (Anexo 1), considerando la técnica e insumos propuestos por el CCAUCH de la FES Zaragoza, de la UNAM.

7.4 Elaboración de un programa de producción escalonada

Se elaboró un calendario de producción escalonada (siembra y cosecha) para las seis especies de hortalizas bajo estudio considerando su ciclo de vida, tipo de siembra, época de siembra y tiempo transcurrido desde su siembra hasta su cosecha.

7.5 Construcción de los sistemas de cultivo

Se llevó a cabo la construcción de dos sistemas para el cultivo de las seis especies de hortalizas, uno colocado de manera horizontal (cultivo tradicional en maceta) el cual se tomará como testigo y otro instalado de forma vertical (sistema de muro verde), estos dos sistemas nos permitieron ver la diferencia de producción de las diferentes hortalizas.

El cultivo tradicional en maceta consistió en cultivar las hortalizas en bolsas de plástico negro calibre 600 (Fig. 8).



Figura 8. Cultivo tradicional en maceta a) bolsas negras calibre 600 utilizadas en el estudio y b) macetas, colocadas sobre una estructura metálica (bancal).

La instalación de los muros por experimento se realizó con la siguiente exposición a la luz: a) experimento uno exposición NE; b) experimento dos exposición NW y c) experimento tres exposición NW (Fig. 9).



Figura 9. Exposición a la luz del sistema de muros verdes en cada uno de los tres experimentos a) exposición NE, b) exposición NW y c) exposición NW.

El sistema de muro verde se conformó de los siguientes elementos:

Una estructura base o de soporte (bastidor de metal) (Fig. 10a), una capa o membrana aislante e impermeable (geomembrana) (Fig. 10b), una capa filtrante y de sostén (geotextil) (Fig. 10c), un sistema de riego (por goteo y manual) (Fig. 10d y 10e), sombreadero (en caso de ser un muro de exterior y las especies así lo requieran) (Fig. 10f), un sustrato (Fig. 10g) y las especies vegetales de nuestra elección (Figura 10h) (Cosechando Natural, 2015b).



Figura 10. Partes que integran el muro verde: a) estructura base, b) geomembrana, c) geotextil confeccionado, d) riego por goteo, e) riego manual, f) plástico blanco, g) sustrato y h) especies vegetales.

7.6 Elaboración de sustratos

Se elaboraron dos tipos de sustratos a lo largo de todo el estudio, para ambos sistemas de cultivo (maceta y muro). El primer sustrato elaborado, se utilizó durante el primer y segundo experimento, mientras que el segundo sustrato, se utilizó únicamente en el tercer experimento.

El primer sustrato consistió en una mezcla de tierra de monte, fibra de coco y bocashi de 28 días, en una proporción 1:2:1 (Fig. 11a); colocando 1,640 g del sustrato en cada una de las bolsas negras para el cultivo en macetas (bolsas calibre 600, con 25 cm de diámetro) y 470 g en las bolsas del sistema de muro (bolsas calibre 600; con 18 cm de diámetro).

En el segundo experimento se utilizó el sustrato anterior, colocando 470 g en cada una de las bolsas negras (calibre 600; con 18 cm de diámetro) de ambos sistemas de cultivo (maceta y muro).

El segundo sustrato consistió en una mezcla de los siguientes materiales en las proporciones señaladas: por cada kilo de tierra de monte, 35 g de estiércol, 35 g de bocashi de siete días y 35 g de fibra de coco, los cuales se mezclaron; y colocaron 646 g en cada una de las botellas de PET de 1.5 l, las cuales se cortaron de la parte superior dejando macetas de 1 kg, a las que se les agregaron superficialmente 15 g de cáscara de huevo, 5 g de zeolita, 3 g de jengibre y 1 g de canela (Fig. 11b), teniendo así macetas con 670 g de sustrato.

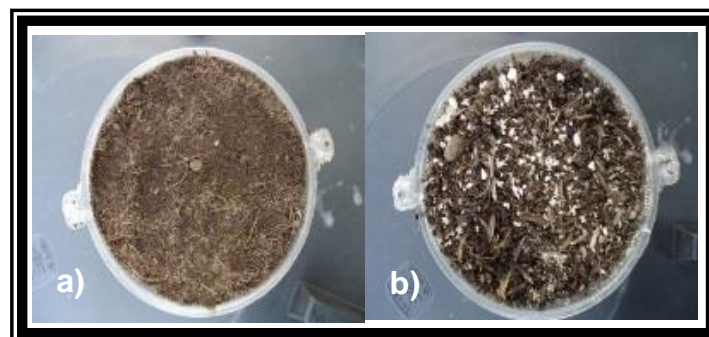


Figura 11. Sustratos elaborados para el cultivo de hortalizas a) primer sustrato (tierra de monte, fibra y bocashi) b) segundo sustrato (tierra de monte, estiércol, bocashi, fibra de coco, cáscara de huevo, zeolita, jengibre y canela).

7.7 Propagación y trasplante de las especies

La propagación de cada una de las especies se llevó a cabo de manera independiente a lo largo de tres experimentos.

En el primer experimento la propagación de las seis especies bajo estudio se llevó a cabo por semilla, las cuales se sembraron en un almácigo de 200 celdas utilizando como sustrato una mezcla de bocashi, peat moss (turba) y lombricomposta en una proporción 1:2:1 (Fig. 12a). Utilizando semillas certificadas de las especies: albahaca, cebollín, lechuga francesa, italiana verde e italiana roja y perejil chino. Una vez llenado el almácigo con el sustrato se procedió a sembrar las semillas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de las semillas en el almácigo.

Especie	No. Semillas/celda	No. de celdas	No. de Semillas sembradas por especie
Albahaca	1	32	32
Cebollín	5	32	160
Lechuga cortesana	1	32	32
Lechuga ruby sky	1	32	32
Lechuga starfighter	1	32	32
Perejil chino	1	32	32
Total		192	320 semillas

Las semillas de albahaca y cebollín se sembraron a una profundidad de 0.5 mm, las de lechuga y perejil chino a 0.6 mm, (Riotte, 1987: 83-86). En el caso del perejil chino las semillas se remojaron en agua pura durante 12 horas de manera previa a la siembra, esto para eliminar inhibidores de la germinación. Posteriormente se colocó el almácigo en un lugar con luz filtrada al 50% para evitar la pérdida de agua causada por la radiación solar. Se revisó diariamente el almácigo y se agregó el agua necesaria para mantenerlo húmedo.

El trasplante se llevó a cabo en cada uno de los sistemas (maceta y muro), una vez que las plántulas de las diferentes especies desarrollaron de tres a cuatro hojas (Samperio, 1997: 88) o cuando el espacio ya no era el óptimo para su crecimiento (Fig. 13a), distribuyéndolas de la siguiente manera (Cuadro 2):

Cuadro 2. Trasplante a los sistemas bajo estudio.

Especie	No. Plántulas por maceta	No. Repeticiones
Albahaca	1	8
Cebollín	4	8
Perejil	1	8
Lechuga	1	8

Debido a la baja emergencia en las semillas de albahaca y perejil se resembró un segundo lote de 32 semillas de cada especie, en cajas petri con 50 ml de agar bacteriológico, sembrando 16 semillas por caja, las cuales fueron etiquetadas e introducidas en una cámara de crecimiento (LAB. Biotronette), a una temperatura de 25°C, con un fotoperiodo de 12 x 12 (horas luz y oscuridad) y un 100% de ventilación (Fig. 12b).

El trasplante del segundo lote de albahaca y perejil se realizó una vez que las plántulas presentaron las primeras hojas verdaderas y un buen sistema radicular, colocando ocho plantas de cada especie (una plántula por maceta) en cada uno de los sistemas.

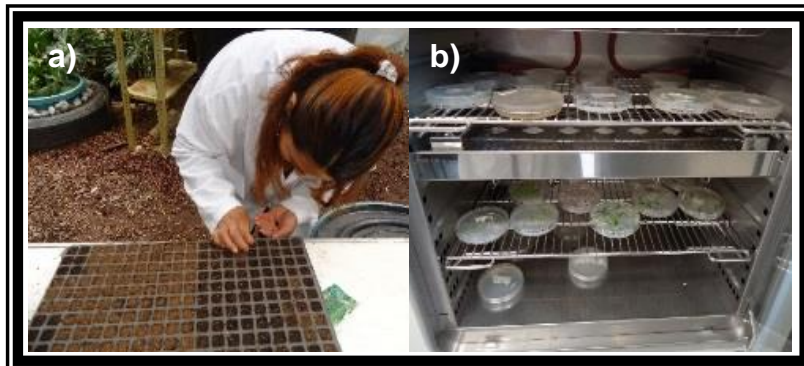


Figura 12. Siembra de las especies bajo estudio a) en almácigo, b) en cajas petri.

En el segundo experimento la propagación de las variedades de lechuga, se llevó a cabo en cajas petri con agar bacteriológico (50 ml), en una cámara de crecimiento (LAB. Biotronette), a una temperatura de 25°C, con un fotoperiodo de 12 x 12 (horas luz y oscuridad) y un 100% de ventilación. En el caso de las especies aromáticas al ser de ciclos de vida más largos, no se cosecharon durante el primer experimento por lo que no se resembraron nuevamente, permaneciendo estas mismas plantas durante el segundo experimento.

El trasplante de las tres variedades de lechuga se realizó una vez que las plántulas presentaron las primeras hojas verdaderas y un buen sistema radicular (Fig. 13b), colocando ocho plantas (una plántula por maceta de cada especie) en cada uno de los sistemas.

En el tercer experimento las tres variedades de lechuga se propagaron por semilla; en un cultivo en agar, a una temperatura de 28°C, con un fotoperiodo de 12 x 12 (horas luz y oscuridad) y un 100% de ventilación; las especies aromáticas (albahaca, cebollín y perejil) fueron propagadas asexualmente por separación de matas (a partir de ocho plantas de cada especie que se adquirieron en el mercado Madreselva de la delegación Xochimilco). Las plántulas de lechugas fueron trasplantadas al presentar las primeras hojas verdaderas y un buen sistema radicular (Fig. 13c) y las especies aromáticas se trasplantaron al siguiente día de ser compradas.

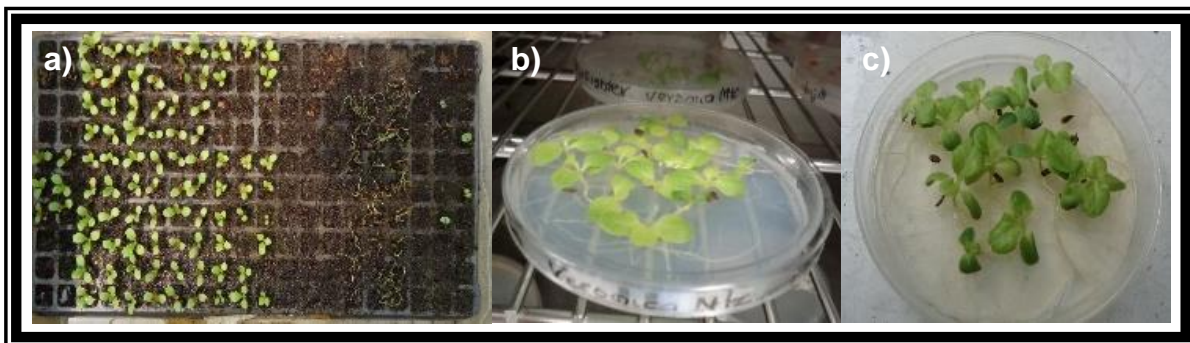


Figura 13. Plántulas de lechuga con tres hojas verdaderas y buen sistema radicular a) en almácigo durante el primer experimento b) en cajas petri con agar durante el segundo experimento y c) en cajas petri con agar durante el tercer experimento.

7.8 Evaluación de las variables de respuesta (Birchler y Rose, 1998: 115).

Es importante señalar que solamente se compararon estadísticamente las variables de respuesta para las tres variedades de lechuga en los tres experimentos.

En las plantas aromáticas que actuaron como plantas acompañantes, se realizó la comparación estadística solo en el último experimento.

***Emergencia (%):** se calculó al final de la siembra, una vez que ya no se observó emergencia durante cinco días seguidos en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{No. total de plántulas emergidas}}{\text{No. total de semillas sembradas}} (100)$$

***Supervivencia (%):** se evaluó el número de plantas vivas en relación al total de plantas sembradas y trasplantadas a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{\text{No. de individuos finales}}{\text{No. de individuos iniciales}} (100)$$

***Altura de la planta (cm):** se midió desde la base del suelo, hasta el ápice, con la ayuda de un flexómetro en todas las especies bajo estudio.

***Cobertura foliar (cm²):** se tomaron dos mediciones en forma de cruz del follaje de la planta con la ayuda de un flexómetro, calculando el promedio de los valores:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)$$

El diámetro promedio obtenido se dividió entre dos para obtener el valor del radio, el cual se sustituyó en la fórmula del área de un círculo ($A = \pi r^2$), dando como resultado el valor final de cobertura, la cual se midió en todas las plantas excepto en el cebollín sembrado por semilla.

***Diámetro del tallo principal (mm):** se midió con un vernier sobre el tallo principal (cuello de la planta) midiéndolo únicamente en las especies aromáticas propagadas a partir de semilla.

***Tasa de Crecimiento Relativo:** se calculó en todas las especies bajo estudio de acuerdo a la siguiente fórmula propuesta por Leopold y Kriedemann (1975):

$$TCR = \frac{\ln \text{altura final} - \ln \text{altura inicial}}{(t_2 - t_1)}$$

Dónde: t_2 : tiempo final; t_1 : tiempo inicial en (días); altura final e inicial en (cm).

***Índice de cosecha:** se evaluó únicamente en las tres variedades de lechuga con la siguiente fórmula (Ramírez y Kelly, 1998 citado por Romero, 2013: 20).

$$\text{Índice de Cosecha (IC)} = \frac{[\text{Productividad económica} \times 100]}{(\text{Productividad biológica})}$$

Donde la productividad económica corresponde al peso seco de la parte comestible y la productividad biológica es el peso seco de la planta completa (que incluye la raíz y la parte comestible).

***Índice de calidad de Dickson:** se calculó únicamente en las tres variedades de lechuga a través de la siguiente fórmula (Villalobos *et al.*, 2014: 304):

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diametro (cm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}}$$

7.9 Rentabilidad económica

Se determinó la viabilidad del proyecto mediante la valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados de este, a partir de la siguiente fórmula (Ruíz, 1996):

$$\text{Relación costo/beneficio} = \frac{(\text{Beneficios totales})}{(\text{Costos totales de producción})}$$

Donde los beneficios totales corresponden a la ganancia total del rendimiento y los costos totales de producción son los costos de los insumos, más los costos de la mano de obra.

El análisis de la relación C/B puede tomar valores mayores, menores o iguales a 1, lo cual en cada caso significa (Cohen y Franco, 2006: 171-180):

- $C/B \geq 1$ los costos de inversión son menores que las ganancias, entonces el proyecto es rentable.
- $C/B = 1$ los costos de inversión son iguales que las ganancias, entonces el proyecto es indiferente.
- $C/B \leq 1$ los costos de producción son mayores que las ganancias, entonces el proyecto no es rentable.

7.10 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio muestra el volumen de producción o de ventas, requerido para que el proyecto sea indiferente, es decir, que no genere pérdidas ni ganancias. Este se determinó a partir de la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248):

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de producción}}}$$

7.11 Requerimientos en el cultivo

Se determinaron las necesidades de luz, de acuerdo a la sintomatología que presentaron las especies a lo largo de todo el estudio.

Se calculó la cantidad de riego, tomando en cuenta las exigencias del cultivo propuestas en la literatura; y manteniendo las unidades experimentales hasta saturación, dejando que se drenara completamente.

La biofertilización se hizo en base a la sintomatología que presentaron las diferentes especies a lo largo de todo el estudio.

La elaboración y aplicación de bioplaguicidas se llevó a cabo en base a la presencia de plagas en cada una de las diferentes especies.

7.12 Monitoreo de las condiciones ambientales

Diariamente se registró la temperatura máxima y mínima, así como la humedad relativa promedio, con un termohigrómetro marca Steren.

La luz se midió de dos maneras: a) radiación solar total la cual se midió quincenalmente con un luxómetro, marca Steren y b) radiación fotosintéticamente activa (PAR) la cual se midió quincenalmente con un septómetro, marca AccuPAR modelo LP-80 .

Se tomaron medidas de pH para evaluar la disponibilidad de los nutrimentos, con un potenciómetro marca CORNING.

7.13 Análisis estadístico.

A cada una de las variables de las tres variedades de lechuga, en cada uno de los tres experimentos se les aplicó una prueba de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk W). Posteriormente se aplicó una prueba de igualdad de varianzas (prueba de Levene). Cuando se cumplieron ambos supuestos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (variedad y sistema) para el caso de las lechugas del segundo y tercer experimento; una prueba ANOVA de un solo factor (variedad) para el caso de las tres variedades de lechuga del primer experimento y el factor (sistema) para las especies aromáticas del tercer experimento. Cuando el ANOVA indicó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) las medias entre tratamientos se compararon mediante una prueba de comparación múltiple de diferencias mínimas significativas (prueba de Tukey-Kramer). En el caso de que los datos no cumplieran los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas se aplicó un análisis de varianza no paramétrico a través de la prueba de Kruskal Wallis ($p \leq 0.05$). Realizando todos los análisis con los paquetes estadísticos: NCSS versión 07.1.20 (Hintze, 2007) e InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

7.14 Esquema de la metodología resumida (Fig. 14).

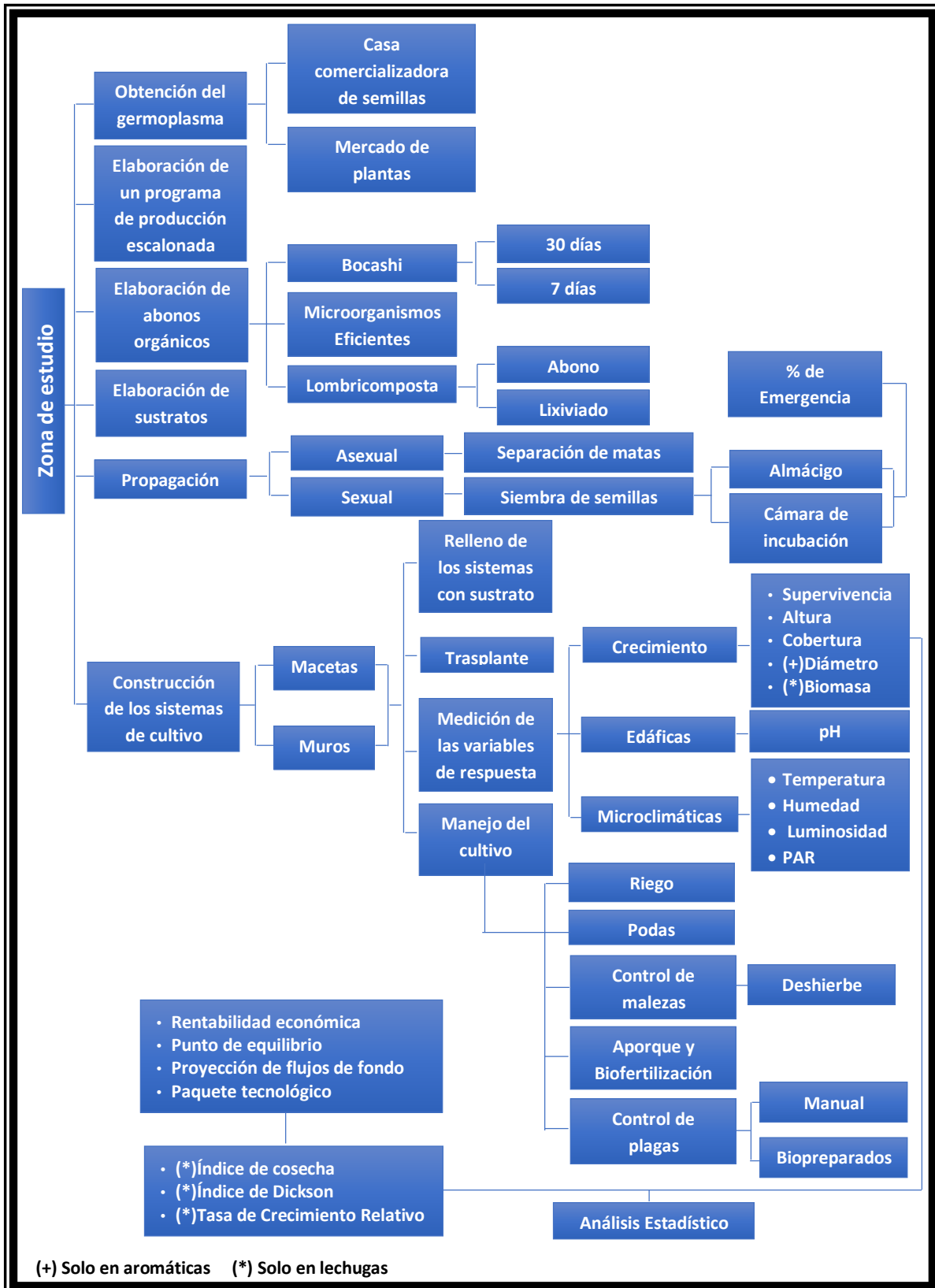


Figura 14. Esquema de la metodología resumida

VIII. Resultados

7.4 Programa de producción escalonada

El calendario de producción escalonada permite una mejor planificación de las fechas de siembra y cosecha para los diferentes cultivos de especies vegetales, aprovechando al máximo los tiempos para una mayor producción (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2015: 3).

Este se hizo con base a los siguientes parámetros: ciclo de vida de las especies, tipo de siembra, época de siembra, tiempo de trasplante y tiempo medio de cosecha para las diferentes especies bajo estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros considerados para la elaboración del calendario de producción escalonada de las seis especies bajo estudio.

Cultivo	Ciclo de vida	Tipo de siembra	Época de siembra	Profundidad de siembra	Tiempo de trasplante	Tiempo de cosecha
				__ mm __	_____ Días _____	
Lechuga cortesana	Anual	Indirecta (Caja petri o almácigo).	Todo el año	0.6	15	50-100
Lechuga starfighter	Anual	Indirecta (Caja petri o almácigo).	Todo el año	0.6	15	50-100
Lechuga ruby sky	Anual	Indirecta (Caja petri o almácigo).	Todo el año	0.6	15	50-100
Albahaca	Anual	Indirecta (sexual) Separación de matas (asexual).	Todo el año (Primavera-Verano)	0.5	15	90-100 Después, cada 15
Cebollín	Perenne o vivaz	Indirecta (sexual) Separación de matas (asexual).	Primavera-Verano	0.5	15	60 Después, cada 15
Perejil	Bianual o bienal	Indirecta (sexual) Separación de matas	Todo el año	0.6	20-30	75-90 Después, cada 15

Dicho calendario permitió llevar a cabo una producción anual continúa para las diferentes hortalizas bajo estudio, teniendo mayor representatividad las especies de ciclo corto (las tres variedades de lechuga); que las especies de ciclo largo (especies aromáticas).

Es importante mencionar que las lechugas se propagaron por semilla y las aromáticas tanto por semilla como por separación de matas.

En las especies aromáticas, el cultivo por semilla requiere de un periodo más prolongado para su establecimiento, en el caso de la albahaca dicho periodo fue de 100 días, para el cebollín 70 días y para el perejil 90 días; cosechándose cada 15 días (realizando podas, respetando 5 cm del tallo principal), sin necesidad de resembrarse (Cuadros 4a y 4b).

En el cultivo de lechuga, la cosecha de las tres variedades se puede realizar a los 90 días de haber sido sembrada, cosechando la planta completa (parte aérea y radical) y resembrando 15 días antes del día de cosecha para poder remplazar las especies faltantes y mantener así una producción continua (Cuadros 4a y 4b).

Cuadro 4a. Calendario de siembra por semilla de las especies bajo estudio.

Cultivo	Variedad	Fecha de siembra					
		Siembra A	Siembra B	Siembra C	Siembra D	Siembra E	Siembra F
Lechuga	cortesana	05-may-14	19-jul-14	02-Oct-14	16-dic-14	01-mar-15	15-may-15
Lechuga	starfighter	05-may-14	19-jul-14	02-Oct-14	16-dic-14	01-mar-15	15-may-15
Lechuga	ruby sky	05-may-14	19-jul-14	02-Oct-14	16-dic-14	01-mar-15	15-may-15
Albahaca	italian large leaf	23-may-14	—	—	—	—	—
Cebollín	cojumatlan	05-may-14	—	—	—	—	—
Perejil	moss curled	23-may-14	—	—	—	—	—

Cuadro 4b. Calendario de cosecha de las especies bajo estudio.

Cultivo	Variedad	Fecha de Cosecha					
		Cosecha A	Cosecha B	Cosecha C	Cosecha D	Cosecha E	Cosecha F
Lechuga	cortesana	03-ago-14	17-oct-14	31-dic-14	16-mar-15	30-may-15	13-ago-15
Lechuga	starfighter	03-ago-14	17-oct-14	31-dic-14	16-mar-15	30-may-15	13-ago-15
Lechuga	ruby sky	03-ago-14	17-oct-14	31-dic-14	16-mar-15	30-may-15	13-ago-15
Albahaca	italian large leaf	31-ago-14	15-sep-14	30-sep-14	15-oct-14	30-oct-14	...c/15 días
Cebollín	cojumatlan	14-jul-14	29-jul-14	13-ago-14	28-ago-14	12-sep-14	...c/15 días
Perejil	moss curled	21-ago-14	5-sep-14	20-sep-14	05-oct-14	20-oct-14	...c/15 días

En las especies aromáticas (albahaca, cebollín y perejil), debido a que el cultivo por semilla requiere de un largo periodo para su establecimiento, se recomienda la propagación de manera asexual (por separación de matas) en la cual las plantas se establecen en periodos más cortos (una semana); tiempo en el cual las plantas se adaptan y comienzan a enraizar en el nuevo sustrato, permitiendo su cosecha cada 15 días sin necesidad de volver a sembrarlas (Cuadro 5a y 5b).

Cuadro 5a. Calendario de siembra de las tres especies aromáticas bajo estudio, propagadas asexualmente (por separación de matas).

Cultivo	Variedad	Fecha de Siembra					
		Siembra A	Siembra B	Siembra C	Siembra D	Siembra E	Siembra F
Albahaca	italian large leaf	04-nov-14	—	—	—	—	—
Cebollín	cojumatlan	04-nov-14	—	—	—	—	—
Perejil	moss curled	04-nov-14	—	—	—	—	—

Cuadro 5b. Calendario de cosecha de las tres especies aromáticas bajo estudio, propagadas asexualmente (por separación de matas).

Cultivo	Variedad	Fecha de Cosecha					
		Cosecha A	Cosecha B	Cosecha C	Cosecha D	Cosecha E	Cosecha F
Albahaca	italian large leaf	11-nov-14	26-nov-14	11-dic-14	26-dic-14	10-ene-15	...c/15 días
Cebollín	cojumatlan	11-nov-14	26-nov-14	11-dic-14	26-dic-14	10-ene-15	...c/15 días
Perejil	moss curled	11-nov-14	26-nov-14	11-dic-14	26-dic-14	10-ene-15	...c/15 días

De manera general se elaboró un calendario donde se especifica la época de siembra para las seis especies, fechas de siembra, trasplante y cosecha en las que se llevaron a cabo los diferentes cultivos bajo estudio, para su producción continua en el transcurso de un año, donde el tiempo de trasplante de las tres variedades de lechuga y el cebollín propagadas a partir de semilla fue de 15 días y para la albahaca y el perejil de 30 días. En el caso de las especies propagadas asexualmente, el trasplante se realizó el mismo día en que se compraron, cosechándose una semana después de haberse trasplantado, a diferencia del cultivo por semilla que tiene que pasar un periodo muy largo para su establecimiento antes de poder cosecharse (Cuadro 6).

Cuadro 6. Calendario de producción escalonada para las especies bajo estudio.

Especie	VERA		VERANO			OTOÑO			INVIERNO			PRIMA-
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
*LC	● ○		●	●		●		●			●	
*LR	● ○		●	●		●		●			●	
*LS	● ○		●	●		●		●			●	
*A		● ○			●	●	●	●	●	●	●	●
*C	● ○		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
*P		● ○			●	●	●	●	●	●	●	●
+A							●	●	●	●	●	●
+C							●	●	●	●	●	●
+P							●	●	●	●	●	●

Leyenda	LC (Lechuga cortesana)	● Siembra
□ Época de siembra	LR (Lechuga ruby sky)	○ Trasplante
(*) Propagación por semilla	LS (Lechuga starfighter)	● Cosecha
(+) Propagación asexual (por separación de matas)	A (Albahaca)	● Cosecha de la siembra anterior y trasplante del nuevo cultivo
	C (Cebollín)	
	P (Perejil)	

Las fechas de siembra, cosecha y trasplante proporcionadas, permiten adecuar el volumen de producción de las diferentes especies bajo estudio, de acuerdo a las necesidades de consumo de cada persona.

7.5 Diseño y construcción del sistema de muro verde o pared de cultivo.

Se llevó a cabo la construcción de un sistema de producción vertical, denominado muro verde de exterior, en una de las zonas a cielo abierto, localizadas a un costado del reservorio de agua del Vivero del CCAUCH, el cual se fue perfeccionando a lo largo del estudio, generando tres experimentos con resultados independientes.

Experimento 1

En el primer experimento el sistema de muro se estableció durante la época de primavera-verano, estuvo orientado con una exposición NE con relación a la luz, con una iluminación solar de 6-8 horas diarias de luz continua e indirecta utilizando los siguientes elementos (Fig. 14):

- ❖ Una **estructura base de metal**, la cual brinda soporte a todos los materiales utilizados (esta puede ser opcional cuando se cuenta con una pared, o ser sustituida por una base de madera con cierto grosor, la cual debe estar impermeabilizada).
- ❖ Sobre la anterior se colocó una **geomembrana** (cubierta plástica altamente impermeable hecha de PVC de 1 m² y 1 mm de grosor), que aísla la humedad para evitar daños a la pared.
- ❖ Encima de ésta se fijó el **geotextil confeccionado** de 1 m² que constó de 25 sacos de 19 x 17 cm y cuya función es sostener a las plantas y permitir la aireación en las raíces. Una vez instalado el primer muro se colocó a un costado un segundo muro con las mismas características, que fungió como una segunda repetición, teniendo así un sistema de muro verde de 2 m².
- ❖ Se instaló un **sistema de riego por goteo** utilizando 11 m de manguera espagueti forrada de cinta negra para evitar la proliferación de algas, la cual se conectó a una bomba sumergible de agua, marca AQUASUB, depositada en un contenedor de 80 l. Este se instaló durante la etapa plantular de las lechugas (a los 15 días de haberse realizado el trasplante).

- ❖ Una vez instalado el sistema de muros de exterior, se colocó un **plástico blanco** (sombreadero), el cual genera un 30% de sombra y proporciona una mejor distribución de la luz, el cual está tratado con antioxidantes y protectores UV proporcionando una mayor estabilidad a los cambios de temperatura y evitando la radiación directa sobre las plantas, mejorando así su tasa fotosintética (Cosechando Natural, 2014).
- ❖ El **sustrato** utilizado se preparó con tierra de monte, fibra de coco y bocashi en proporción 1:2:1, con el cual se llenaron bolsas de plástico de 18 cm con 470 g, posteriormente estas bolsas se colocaron dentro de los sacos del muro.
- ❖ Las **especies vegetales** establecidas en cada uno de los muros fueron tres especies aromáticas y tres variedades de lechuga.

Especies aromáticas

1. Albahaca (*Ocimum basilicum* var. italian large leaf)
2. Cebollín (*Allium schoenoprasum* var. cojumatlan)
3. Perejil chino (*Petroselinum crispum* var. moss curled)

Variedades de lechuga

1. Mantequilla o francesa (*Lactuca sativa* var. *cortesana*)
2. Italiana de hoja verde (*Lactuca sativa* var. starfighter)
3. Italiana de hoja roja (*Lactuca sativa* var. ruby sky).

Trasplantando por m² de muro, al azar, cuatro plántulas de cada especie, ocupando 24 sacos de un total de 25, en el saco sobrante se colocó al azar una de las seis especies (tanto lechugas como aromáticas) la cual no se consideró en la medición de las variables de respuesta de crecimiento. Teniendo así un total de ocho repeticiones por especie en nuestro sistema con dos muros (Figura 15).

Es importante resaltar que con la finalidad de comparar el sistema de muro, se visitó varios lugares donde se instalaron muros de este tipo y se encontró que el diseño es similar a los propuestos en este trabajo.

Por ejemplo, con respecto a la cubierta plástica impermeable (geomembrana), no todos los muros la presentan, en algunos la sustituyen por una base de madera previamente impermeabilizada, en otros casos impermeabilizan la pared sobre la cual se fijó el muro o colocan una base de metal que separa la pared para evitar dañarla; el geotextil es por lo general de mayor grosor, de color negro o verde en la mayoría de los casos y no siempre está confeccionado; el sistema de riego implementado en otros sistemas es en su totalidad por goteo (con cintilla) a diferencia del propuesto en este estudio (que está hecho con manguera espagueti).

Todos los muros visitados están instalados a cielo abierto, por lo que no requieren sistema de iluminación o sombreadero; en cuanto a el sustrato utilizado en la mayoría de los muros es tierra de monte, o en el caso del muro localizado en Cd. Nezahualcóyotl se maneja una mezcla de tierra de monte con fibra de coco y las especies vegetales son en todos los casos de bajo mantenimiento por ejemplo: especies suculentas, ornamentales, pastos y musgos.

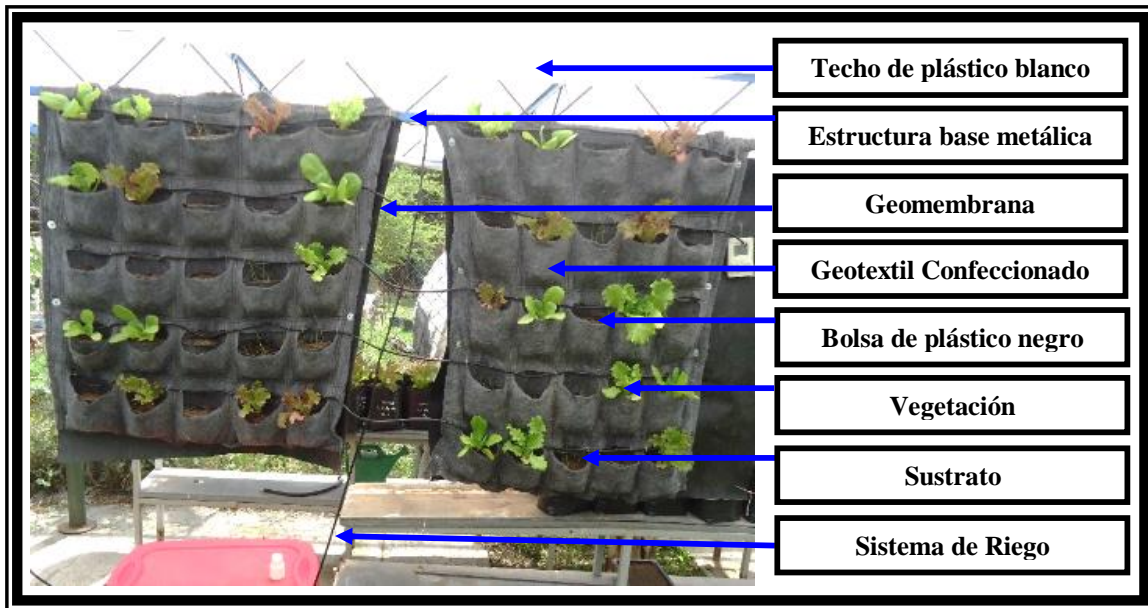


Figura 15. Diseño del sistema de muro verde, con cada uno de los elementos que lo integran en orientación NE, durante el primer experimento.

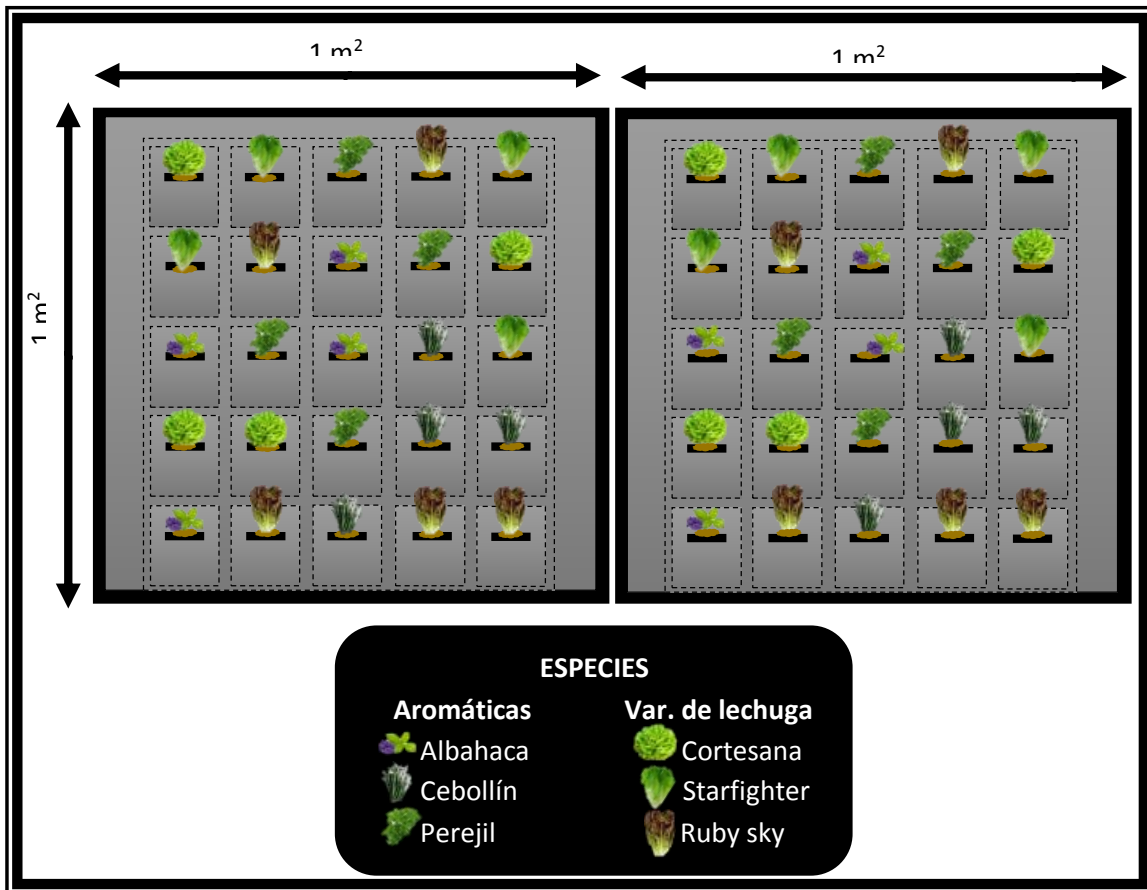


Figura 16. Diseño y organización de las especies dentro del sistema de muro verde durante el primer y segundo experimento.

7.8 Variables de respuesta

- **Porcentaje de emergencia**

En relación al porcentaje final de emergencia de las especies sembradas en almácigo, las variedades de lechuga ruby sky y starfighter presentaron el más alto porcentaje (100%) a los siete días posteriores a su siembra, la variedad cortesana presentó 81% a los 10 días, el cebollín 58% y la albahaca el 13% ambos a los 25 días y el perejil 6% a los 19 días (Fig. 17).

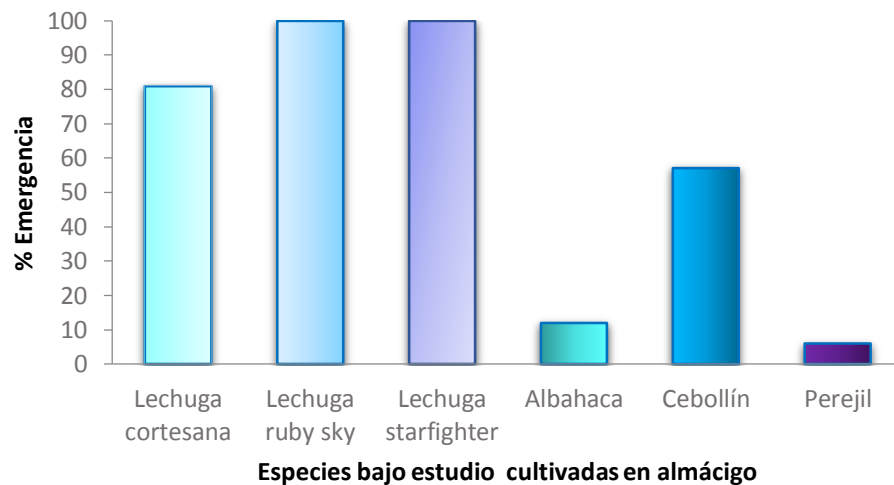


Figura 17. Porcentaje de emergencia de las diferentes especies bajo estudio.

El segundo lote resembrado en cajas petri con agar bacteriológico, presentó un porcentaje final de emergencia en albahaca del 50% a los 22 días y en el perejil del 53% a los 26 días (Fig. 18), porcentajes mayores a los obtenidos en la siembra en almácigo.

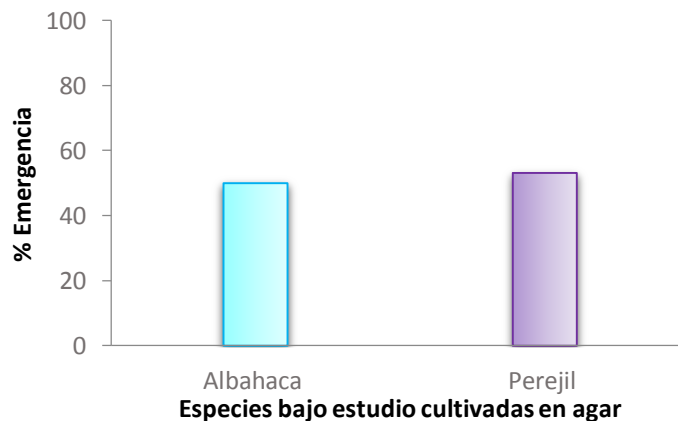


Figura 18. Porcentaje de emergencia de albahaca y perejil en un cultivo en agar.

- **Porcentaje de supervivencia**

Este se determinó en relación al momento de la cosecha de las lechugas (a los 86 días después de la siembra) para cada una de las especies bajo estudio (lechugas y aromáticas) en cada uno de los tres experimentos.

Para las especies aromáticas (albahaca, cebollín y perejil) que no se cosecharon porque su ciclo de vida es anual, perenne y bianual, la supervivencia se evaluó de manera continua durante un ciclo de nueve meses, calculando el porcentaje de supervivencia en la fecha de cosecha de las lechugas.

Para las tres variedades de lechuga y para las dos especies de aromáticas albahaca y perejil se obtuvo un 100% de supervivencia, mientras que en el cebollín fue de 97% en los dos sistemas de cultivo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.

Especie	n	%	
		Sistema de muro	Sistema de maceta
L. cortesana	8	100	100
L. ruby sky	8	100	100
L. starfighter	8	100	100
Albahaca	8	100	100
Cebollín	32	97	97
Perejil	8	100	100

L: lechuga

VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

- **Altura**

La altura de las tres variedades de lechuga, no presentó diferencias estadísticas significativas tanto en el sistema de muro como en el de maceta (Fig. 19 y 20).

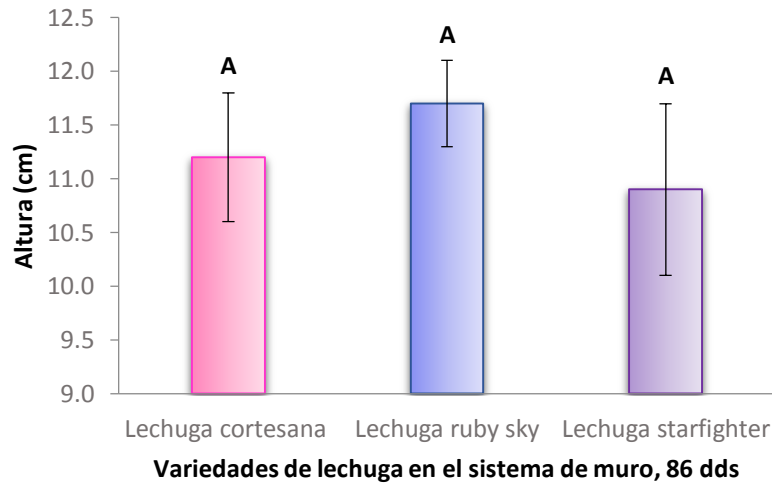


Figura 19. Altura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Para la variable altura, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de muro ($F= 0.42$, $P= 0.66$).
dds = días después de la siembra.

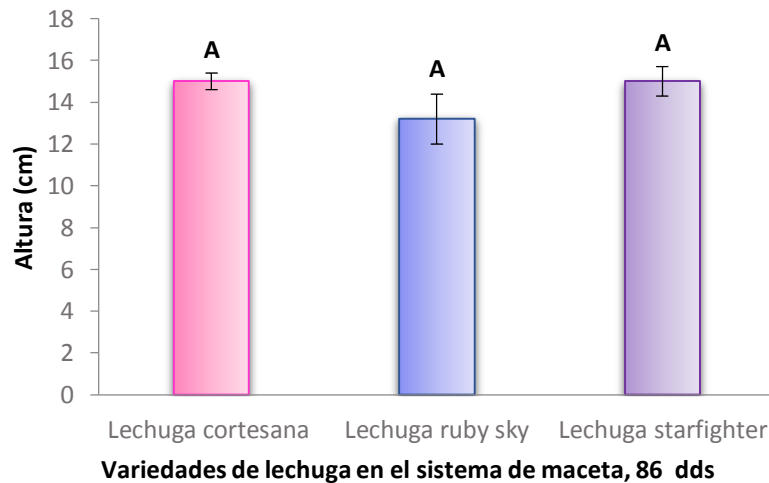


Figura 20. Altura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Para la variable altura, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de maceta ($F= 1.71$, $P= 0.21$).
dds = días después de la siembra.

- Cobertura

La cobertura no presentó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las tres variedades de lechuga en cada uno de los sistemas de cultivo (Fig. 21 y 22).

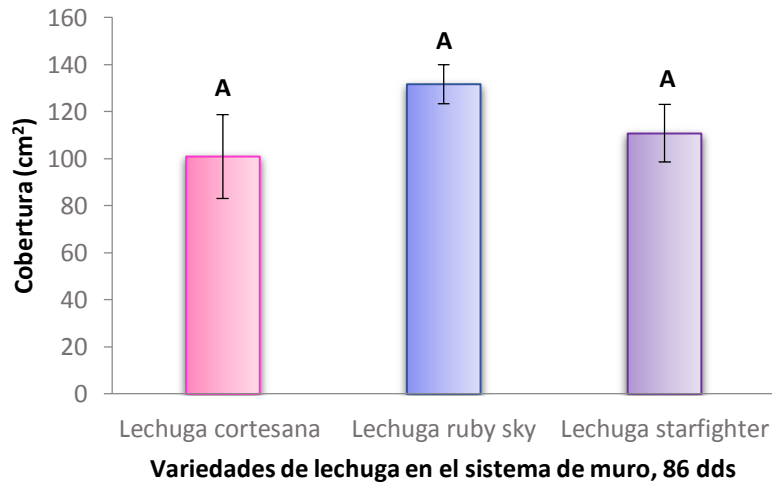


Figura 21. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Para la variable cobertura, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de muro ($F= 1.37$, $P= 0.27$).

dds = días después de la siembra.

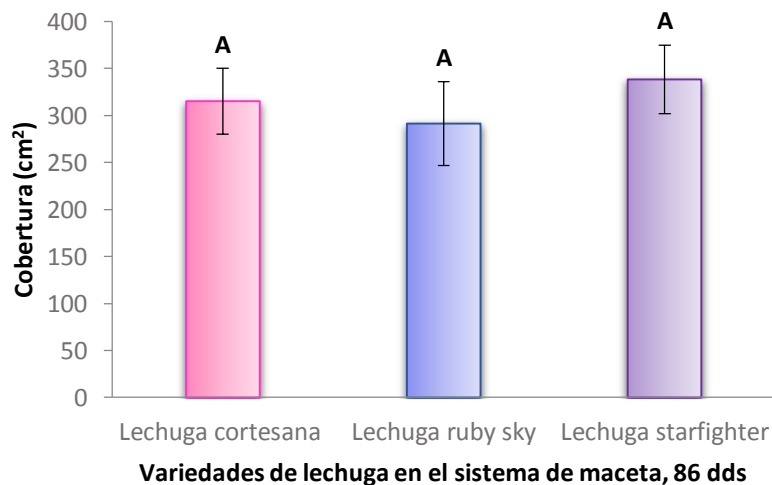


Figura 22. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Para la variable cobertura, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de maceta ($F= 0.37$, $P= 0.70$).

dds = días después de la siembra.

- **Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

La TCR presentó diferencias estadísticas significativas en las variedades de lechuga en ambos sistemas (muro y maceta). Obteniendo mayores TCR en la variedad cortesana en ambos sistemas de cultivo (Fig. 23 y 24).

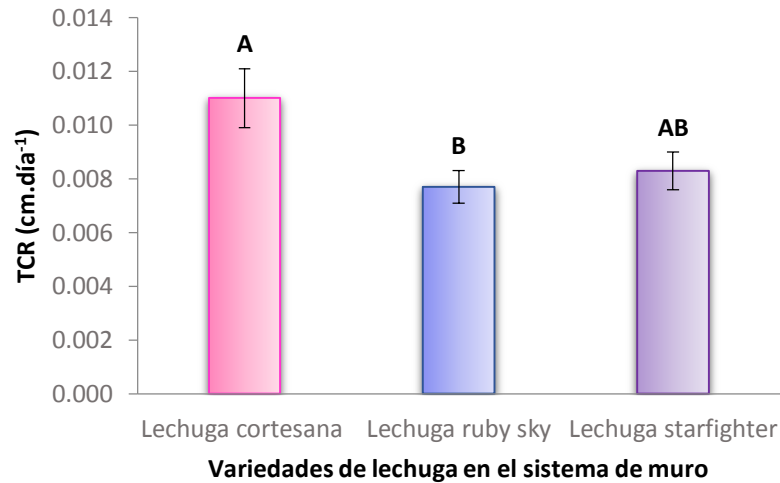


Figura 23. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Para la variable TCR, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de muro ($F= 4.34$, $P= 0.03$).

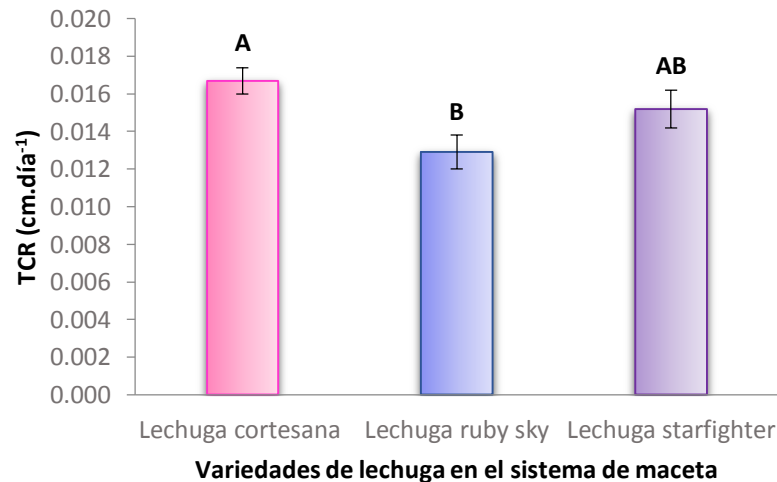


Figura 24. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Para la variable TCR, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de maceta ($F= 4.84$, $P= 0.02$).

- **Índice de Cosecha (IC)**

El IC presentó diferencias estadísticas significativas en las variedades de lechuga en el sistema de muro, resultando la variedad ruby sky con el mayor índice (59.3%) (Fig. 25); mientras en el sistema de maceta no hubo diferencias significativas de las variedades de lechuga bajo estudio (Fig. 26).

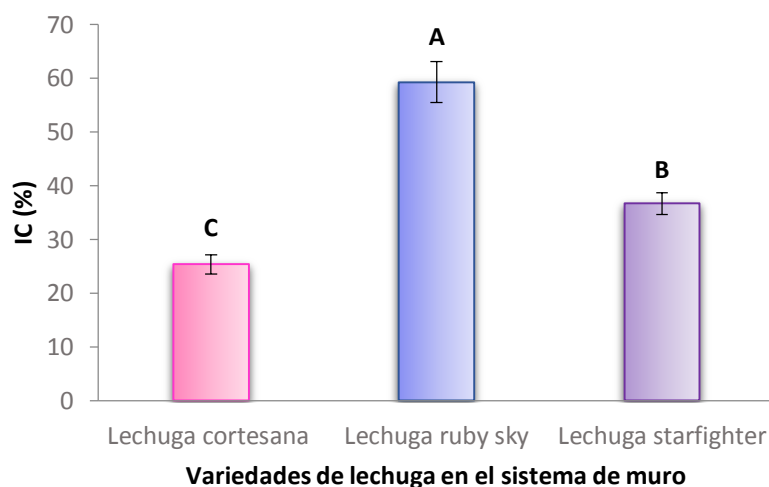


Figura 25. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Para la variable IC, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de muro, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 0.66$, $P= 0.00009$).

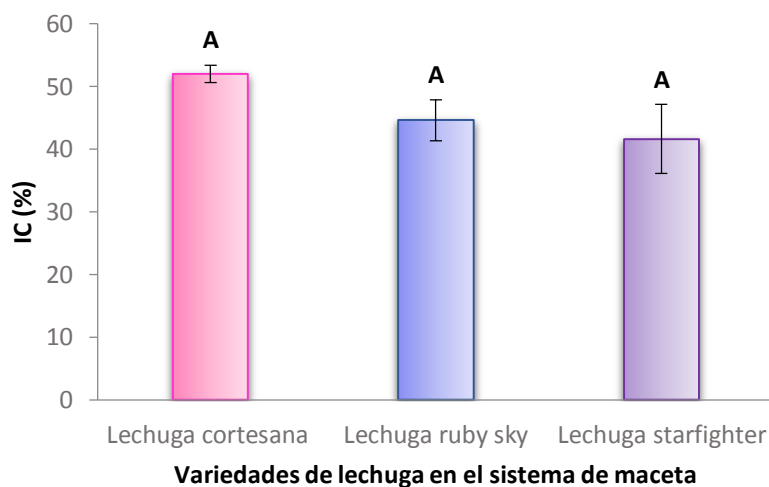


Figura 26. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Para la variable IC, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de maceta, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 3.02$, $P= 0.22$).

- **Índice de Calidad de Dickson (ICD)**

El ICD presentó diferencias estadísticas significativas en las variedades de lechuga en el sistema de muro, dando la variedad cortesana el mayor índice (2.9) (Fig. 27); mientras en el sistema de maceta no hubo diferencias estadísticas significativas de las variedades bajo estudio (Fig. 28).

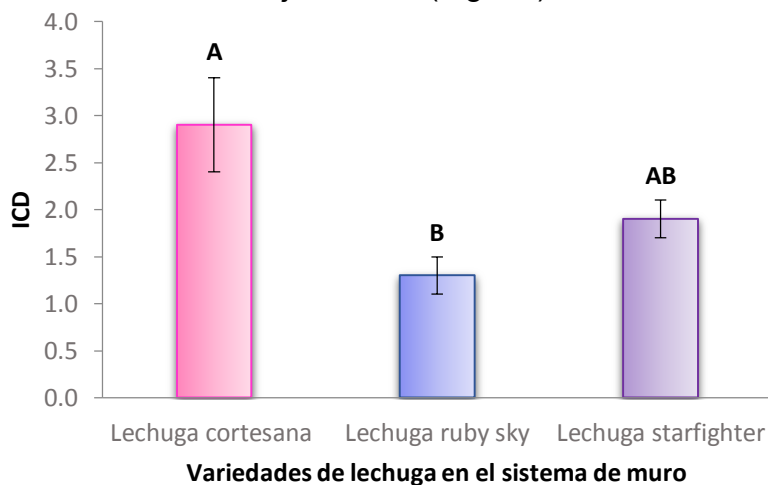


Figura 27. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Para la variable ICD, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de muro, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 6.65$, $P= 0.04$).

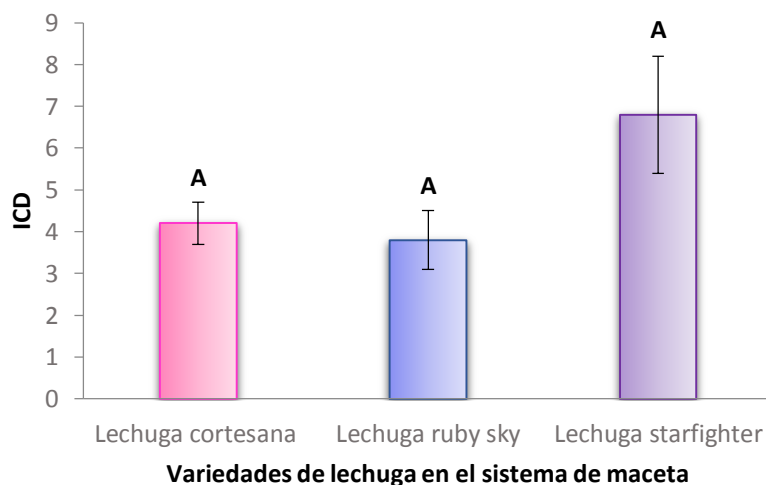


Figura 28. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Para la variable ICD, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas de la variedad dentro del sistema de maceta, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 2.41$, $P= 0.30$).

- **Biomasa**

Se midió la biomasa en peso fresco y seco de la parte aérea, radical y total (suma del peso aéreo y radical), en las tres variedades de lechuga bajo estudio.

En el sistema de muro la biomasa peso fresco y seco de la parte radical, así como el peso seco total presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que el resto de las variables no presentaron dichas diferencias estadísticas. En el sistema de maceta únicamente el peso seco total presentó diferencias estadísticas significativas (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en el sistema de muro.

Variedad de lechuga	Sistema de cultivo	PFPA	PFPR	PFT	PSPA	PSPR	PST
g							
Cortesana	Muro	139.1 ± 32.3 A	133.8 ± 56.0 A	272.9 ± 83.4 A	1.7 ± 0.5 A	5.0 ± 1.5 A	6.7 ± 1.9 AB
Ruby sky	Muro	146.4 ± 43.7 A	52.5 ± 20.5 B	198.9 ± 60.4 A	2.5 ± 1.1 A	1.8 ± 0.9 B	8.6 ± 4.4 A
Starfighter	Muro	158.8 ± 60.4 A	80.0 ± 19.3 B	238.8 ± 73.0 A	1.7 ± 0.7 A	2.8 ± 0.6 B	4.5 ± 1.2 B

PFPA=peso fresco parte aérea; PFPR=peso fresco parte radical; PFT=peso fresco total; PSPA=peso seco parte aérea; PSPR=peso seco parte radical; PST=peso seco total. Medias, con desviación estándar donde las letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre las diferentes variedades bajo estudio.

Cuadro 9.- Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en el sistema de maceta.

Variedad de lechuga	Sistema de cultivo	PFPA (g)	PFPR (g)	PFT (g)	PSPA (g)	PSPR (g)	PST (g)
g							
Cortesana	Maceta	405.3 ± 98.2 A	278.6 ± 107.1 A	683.9 ± 195.3 A	5.7 ± 1.8 A	5.3 ± 1.6 A	11 ± 3.3 A
Ruby sky	Maceta	397.6 ± 201.1 A	162.9 ± 74.5 A	560.5 ± 269.4 A	3.9 ± 2.3 A	4.6 ± 2.4 A	4.3 ± 1.7 B
Starfighter	Maceta	501.5 ± 139.3 A	269.3 ± 140.8 A	770.8 ± 264.6 A	4.9 ± 1.5 A	8.7 ± 5.4 A	13.6 ± 6.2 A

PFPA=peso fresco parte aérea; PFPR=peso fresco parte radical; PFT=peso fresco total; PSPA=peso seco parte aérea; PSPR=peso seco parte radical; PST=peso seco total. Medias, con desviación estándar donde las letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre las diferentes variedades bajo estudio.

- **Rendimiento**

El rendimiento de un cultivo de lechugas considerando las tres variedades bajo estudio, en un sistema de un m² de muro verde con 25 plantas fue de 3,7 kg; mientras que en el sistema de maceta, el cultivo de 25 plantas (en bolsas de mayor diámetro y con más cantidad de sustrato) fue de 10,83 kg, ocupando una mayor superficie y superando el rendimiento del muro en un 66%.

En relación a las especies aromáticas (las cuales fungieron como especies acompañantes), se calcularon únicamente los promedios de las variables de crecimiento (altura, cobertura y diámetro) evaluadas al momento de la cosecha de las lechugas del primer experimento, con base a una muestra de ocho plantas en las especies albahaca y perejil; y de una muestra de 32 plantas en el cebollín en cada uno de los sistemas de cultivo.

Obteniendo mejores promedios de la variable altura en el sistema de muro, en la especie albahaca y perejil, y en el sistema de maceta en la especie cebollín; la cobertura presentó los mejores promedios en el sistema de maceta en la especie albahaca y en el sistema de muro en el perejil, en el cebollín no se registró esta variable debido a su crecimiento arrocetado. En relación al diámetro, en albahaca no hubo diferencias estadísticas entre los dos sistemas de producción, en el cebollín se presentó un mayor engrosamiento del tallo en el sistema de macetas y en el perejil el mayor diámetro fué en el sistema de muro (Cuadro 10).

Cuadro 10. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas en ambos sistemas de cultivo.

Especie	Sistema	Altura cm	Cobertura cm²	Diámetro mm
Albahaca (n=8)	Muro	5.9	2.9	0.6
	Maceta	2.7	4.6	0.6
Cebollín (n=32)	Muro	25.0	-	0.6
	Maceta	26.8	-	1.0
Perejil (n=8)	Muro	2.2	2.6	0.6
	Maceta	1.1	0.8	0.4

7.9 Rentabilidad económica

La rentabilidad se calculó con base a el índice costo-beneficio, en el cual el costo total es la suma de todos los insumos empleados más la mano de obra; y los beneficios son la suma de las ganancias obtenidas por la venta de las diferentes hortalizas. Si el índice da un valor mayor a uno es rentable, sí el valor es menor a uno no es rentable y si el valor es igual a uno el sistema es indiferente, es decir; no hay pérdidas ni ganancias económicas.

Para calcular dicho índice se realizaron tres presupuestos por separado sobre los gastos que genera el sistema de producción, el primero de ellos hace referencia al costo de instalación del sistema de muros verdes, el segundo al costo de los materiales empleados en el cultivo de hortalizas, y el tercero al costo que tendría el mantenimiento del sistema (Cuadro 11, 12 y 13).

Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración de abonos, así como el de la instalación del sistema de riego por goteo (Anexos 2 y 3), cuyos costos finales se incluyeron en el presupuesto de instalación del sistema de muro verde de 2 m².

La suma de los tres presupuestos, indican el costo total de inversión inicial, sin embargo para posteriores producciones de hortalizas únicamente se contemplaría el presupuesto para mantenimiento, con lo cual disminuye los gastos que genera el sistema de producción y aumenta las ganancias.

El costo inicial de inversión para un sistema de producción de 2 m² de muros verdes, (en una primera producción con duración de tres meses) fue de \$2, 908.45, mientras que en la segunda producción el costo de inversión (que incluye únicamente el presupuesto de mantenimiento) fue de \$360.05 considerando la siembra de todas las especies, si las especies aromáticas no se remplazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$308.94, donde ya no se incluye los costos de las semillas de las especies aromáticas (\$3.04), los 370 g de sustrato para almácigo (2.70), los 11.280 kg de sustrato utilizado en las 24 plantas aromáticas (\$39.37) y el costo de las 24 bolsas negras (\$6.00).

Cuadro 11. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en la instalación de un sistema de 2 m² de muros verdes.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
2	Geomembrana 1mm	m ²	180	360
2	Geotextil confeccionado	m ²	600	1200
16	Pijas	pieza	0.40	6.40
16	Rondanas	pieza	0.30	4.80
0.25	Alambre recocido	g	20.00	5.00
3	Plástico blanco	m ²	15.75	47.25
1	Sistema de Riego por goteo	kit	598.97	598.97
2	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	17.52
Total				2239.94

Cuadro 12. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
1	Tijeras de podar	pieza	84.56	84.56
1	Pala de jardinería (de mano)	pieza	19.90	19.90
1	Pala cuadrada 27"	pieza	72.00	72.00
1	Fumigadora de 2 l	pieza	99.50	99.50
1	Almácigo de 200 cavidades	pieza	32.50	32.50
Total				308.46

Cuadro 13. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m² de muros verdes.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
740	Sustrato para almácigo	g	5.45	4.03
160	Semillas	pieza	Varios	19.36
50	Bolsa de plástico negra	pieza	0.25	12.50
23.5	Sustrato	kg	3.49	82.00
1.78	Abono (lombricomposta y lixiviado)	kg	4.20	7.48
2	Control de plagas (biopreparados)	pieza	12.19	24.38
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.30
Total				360.05

Los beneficios logrados en cada producción o cultivo son de \$756.00 obteniendo un índice costo beneficio en la primera producción de 0.26 lo cual indica que no es rentable, sin embargo en una segunda producción el índice es de 2.1 remplazando las especies aromáticas y de 2.4 sin sustituirlas lo cual nos indica que a partir de esta producción el proyecto ya sería rentable económicamente.

En general considerando el costo de mantenimiento (una vez recuperada la inversión inicial de la instalación del sistema de muro) sin diferir en el tipo de especie cultivada (lechuga o planta aromática) el costo de producción de cada hortaliza sería de \$7.20 remplazando todas las especies aromáticas y de \$6.18 sin remplazarlas, sin embargo; es importante resaltar que es mayor el mantenimiento y costo de las semillas en las tres variedades de las lechugas al de las especies aromáticas por lo cual se desglosa a detalle el costo de producción de cada una de las hortalizas, donde los costos de producción van de \$6.83 a \$7.65. Cabe señalar que en un inicio la inversión es tanta, que para recuperarse, debe iniciarse contemplando un precio de venta similar al del mercado orgánico el cual posteriormente se puede mantener o reducir un poco para ser más competitivo.

El precio de venta inicial de cada una de las hortalizas se calculó con base al precio que ofrece el mercado orgánico más accesible (Green Corner), estimando un precio de venta 20% menor al precio comercial, con lo cual tenemos la oportunidad de competir en dicho mercado e ir recuperado la inversión generada por la instalación del sistema de muro (Cuadro 14).

En relación al cultivo de lechuga el precio estimado en el presente estudio permite competir a su vez con el precio del cultivo hidropónico de lechuga que se oferta en diferentes supermercados como son Comercial Mexicana y Superama que venden este tipo de lechugas en \$25.20 y \$27.90 respectivamente.

Cuadro 14. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de muro, precios en el mercado orgánico y precio de venta.

Especie	Costo de producción	Precio en Green Corner	Precio de venta
		\$	
Lechuga cortesana	7.65	24.50	19.60
Lechuga ruby sky	7.51	24.50	19.60
Lechuga starfighter	7.49	24.50	19.60
Albahaca	6.85	15.50	12.40
Cebollín	6.85	12.00	9.60
Perejil	6.83	11.00	8.80

El costo de producción para un sistema de 50 macetas se calculó con base a la suma de dos presupuestos: el primero de ellos, de los materiales empleados para el cultivo de las hortalizas y el segundo, del costo de mantenimiento del sistema de cultivo (Cuadro 15 y 16).

La suma de los dos presupuestos, indican el costo total de inversión inicial para el sistema de maceta; sin embargo, para posteriores producciones de hortalizas únicamente se contemplaría el presupuesto para mantenimiento, con lo cual se vuelve más redituable su producción.

El costo inicial de inversión para un sistema de producción de 50 macetas, (en una primera producción con duración de tres meses) fue de \$964.94, mientras que en la segunda producción el costo de inversión (que incluye únicamente el presupuesto de mantenimiento) fue de \$589.23 considerando la siembra de todas las especies; si las especies aromáticas no se rempazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$428.12, donde ya no se incluye los costos de las semillas de las especies aromáticas (\$3.04), los 370 g de sustrato para almácigo (\$2.70), los 39.360 kg de sustrato utilizado en las 24 plantas aromáticas (\$137.37) y el costo de las 24 bolsas negras (\$18.00).

Los beneficios en cada producción o cultivo son de \$756.00 obteniendo un índice costo beneficio en la primera producción de 0.78 lo cual indica que no es rentable; sin embargo, en una segunda producción el índice es de 1.3, rempazando las especies aromáticas y, de 1.8 sin sustituirlas, lo cual nos indica que a partir de esta producción el proyecto se vuelve rentable económicamente.

Cuadro 15. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en maceta (n=50).

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			_____ \$ _____	
3	Plástico blanco	m ²	15.75	47.25
1	Regadera	pieza	20.00	20.00
1	Tijeras de podar	pieza	84.56	84.56
1	Pala de jardinería (de mano)	pieza	19.90	19.90
1	Pala cuadrada 27"	pieza	72.00	72.00
1	Fumigadora de 2 l	pieza	99.50	99.50
1	Almácigo de 200 cavidades	pieza	32.50	32.50
Total				375.71

Cuadro 16. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento del cultivo en el sistema de maceta (n=50).

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
740	Sustrato para almácigo	g	5.45	4.03
160	Semillas	pieza	Varios	19.36
50	Bolsa de plástico negra de 25x25	pieza	0.75	37.50
82	Sustrato	kg	3.49	286.18
1.78	Abono (lombricomposta y lixiviado)	kg	4.20	7.48
2	Control de plagas (biopreparados)	pieza	12.19	24.38
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.30
Total				589.23

En general considerando el costo de mantenimiento (una vez recuperada la inversión inicial de la instalación del sistema de maceta) sin diferir en el tipo de especie cultivada (lechuga o planta aromática) el costo de producción de cada hortaliza sería de \$11.78 reemplazando todas las especies aromáticas y de \$8.56 sin reemplazarlas; sin embargo, es importante resaltar que es mayor el mantenimiento y costo de las semillas en las tres variedades de las lechugas al de las especies aromáticas por lo cual se desglosa a detalle el costo de producción de cada una de las hortalizas producidas en el sistema de maceta, donde los costos de producción van de \$11.54 a \$12.24 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de maceta, precios en el mercado orgánico y precio de venta.

Especie	Costo de producción	Precio en	Precio de
		Green Corner	venta
		\$	
Lechuga cortesana	12.24	24.50	19.60
Lechuga ruby sky	12.10	24.50	19.60
Lechuga starfighter	12.08	24.50	19.60
Albahaca	11.56	15.50	12.40
Cebollín	11.56	12.00	9.60
Perejil	11.54	11.00	8.80

Con base a los resultados obtenidos el costo de producción de las diferentes especies aromáticas no sería tan redituable en la albahaca, mientras que en el cebollín y el perejil, sí se vende al mismo precio de las plantas cultivadas en muro implicaría pérdidas, en caso de igualar el precio del mercado orgánico (Green Corner) en el cebollín sería poco rentable y en perejil no mejoraría el precio de venta del mercado.

Con relación al presupuesto de mantenimiento calculado en ambos sistemas de producción (una vez que se recupere lo invertido en la instalación), el presupuesto en sistema de macetas resultó ser mayor al sistema de muros, debido a que en el de maceta se manejaron bolsas de cultivo de mayor calibre; lo cual implicó un mayor gasto (tanto en la bolsa como en la cantidad de sustrato utilizada por planta), lo que genera menores ingresos y mayores gastos.

7.10. Punto de equilibrio

Nos proporciona el volumen de producción o de ventas requerido para que el proyecto sea indiferente, es decir, que no genere pérdidas ni ganancias; sin embargo, para calcularlo es necesario llevar a cabo primordialmente un estudio financiero en el cual se consideran los siguientes rubros calculados para el sistema de muros verdes:

Ingresos (utilidades o ganancias)

- Operacionales = \$ 756.00
- Otros ingresos = Ninguno
- *Total de ingresos* = \$756.00

Egresos (costos o gastos)

- | Costos fijos (trimestrales) | Costos variables (trimestrales) |
|---|---|
| • Salario = \$210.30 | • Materia prima e insumos = \$149.75 |
| • Servicios = \$178.20 | |
| • Depreciación = \$50.00 | |
| • <i>Total de costos fijos</i> = \$438.50 | • <i>Total de costos variables</i> = \$149.75 |

$$\begin{aligned}\text{Costos totales} &= (\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}) \times 10\% \\ &= (\$438.50 + \$149.75) \times 10\% \\ &= \$647.10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Saldo mensual} &= \text{ingresos} - \text{egresos} \\ &= \$756.00 - 647.10 \\ &= \$108.90\end{aligned}$$

Quedando una utilidad de \$108.90. Lo cual indica que el proyecto si es viable, aunque no se generen grandes utilidades, si es posible recuperar la inversión inicial; pudiendo aumentar dichas utilidades estableciendo una mayor superficie de cultivo.

Una vez realizado el estudio financiero se sustituyen los valores en la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248).

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de producción}}}$$

$$PE = \frac{\$438.50}{15.12 - \frac{\$119.75}{50}}$$

$$PE = \frac{\$438.50}{12.725}$$

$$PE = 34.5$$

Donde el punto de equilibrio para el cultivo en el sistema de muros fue de 34.5, valor que indica que para evitar pérdidas o tener ganancias, se deben vender en promedio 35 plantas. Con base a este dato se deduce que la venta menor a este valor generaría pérdidas y una mayor producción y la venta por encima de este valor generaría ganancias.

En relación al sistema de macetas los rubros calculados son los siguientes:

Ingresos (utilidades o ganancias)

- Operacionales = \$ 756.00
- Otros ingresos = Ninguno
- *Total de ingresos* = \$756.00

Egresos (costos o gastos)

- | Costos fijos (trimestrales) | | Costos variables (trimestrales) | |
|------------------------------------|------------|--|------------|
| • Salario | = \$210.30 | • Materia prima e insumos | = \$378.93 |
| • Servicios | = \$287.55 | | |
| • Depreciación | = \$50.00 | | |
| • <i>Total de costos fijos</i> | = \$547.85 | • <i>Total de costos variables</i> | = \$378.93 |

$$\begin{aligned}
 \text{Costos totales} &= (\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}) \times 10\% \\
 &= (\$547.85 + \$378.93) \times 10\% \\
 &= \$1019.46
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Saldo mensual} &= \text{ingresos} - \text{egresos} \\
 &= \$756.00 - 1019.46 \\
 &= - \$263.46
 \end{aligned}$$

Una vez realizado el estudio financiero se sustituyen los valores en la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248).

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de producción}}}$$

$$PE = \frac{\$547.85}{15.12 - \frac{\$378.93}{50}}$$

$$PE = \frac{\$547.85}{7.5414}$$

$$PE = 72.6$$

Donde el punto de equilibrio para el cultivo en el sistema de macetas fue de 72.6, valor que indica que para evitar pérdidas o tener ganancias, se deben vender en promedio 73 plantas. Con base a este dato se deduce que la venta menor a este valor generaría pérdidas y una mayor producción y venta por encima de este valor comienza a generar ganancias, lo cual en el sistema establecido no es viable ya que se cultivaron 50 plantas.

Proyección de flujo de fondos

Es una proyección que se hace con base a los ingresos y egresos para saber en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial.

En el sistema de muro verde de 2 m², se requieren de siete cosechas para recuperar la inversión inicial, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 18).

Para un sistema de 50 macetas se requiere de tres cosechas para recuperar la inversión inicial, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 19).

En comparación con el sistema de muro, el sistema de macetas permite recuperar más rápidamente la inversión inicial (desde una tercera cosecha), debido a que no hay un gasto en la instalación del sistema; sin embargo, las ganancias obtenidas a largo plazo son inferiores a las que se pueden obtener con el sistema de muro una vez recuperada la inversión inicial.

Cuadro 18. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Instalación	2239.90							
Materiales	308.46							
Mantenimiento	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05
Total	2908.45	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05	360.05
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	-2152.45	395.95	395.95	395.95	395.95	395.95	395.95	395.95
Saldo final	-2152.45	-1756.50	-1360.55	-964.60	-568.65	-172.70	223.25	395.95

Cuadro 19. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Materiales	375.71							
Mantenimiento	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23
Total	964.94	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23	589.23
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	-208.94	166.77	166.77	166.77	166.77	166.77	166.77	166.77
Saldo final	-208.94	-42.17	124.60	166.77	166.77	166.77	166.77	166.77

7.12 Requerimientos del cultivo

En el cuadro 20 se describen las formas de manejo agroecológico para cada uno de los diferentes cultivos en ambos sistemas. En el caso del sistema de macetas la aplicación de biopreparados fue como correctivo ante la incidencia de plagas; mientras que en el sistema de muros la aplicación de estos biopreparados fue de manera preventiva, ya que no hubo dicha incidencia.

Cuadro 20. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el primer experimento.

Hortalizas bajo estudio				
Nombre común	Lechuga	Albahaca	Cebollín	Perejil
Nombre científico	<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Ocimum basilicum</i> L.	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	<i>Petroselinum crispum</i> M.
Siembra	Indirecta: en almácigo por semilla	Indirecta: en almácigo o cámara de incubación por semilla.	Indirecta: en almácigo por semilla.	Indirecta: en almácigo o cámara de incubación por semilla.
Luz	Abundante (indirecta) Cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso (6-8 horas al día).	Abundante (indirecta)	Abundante (indirecta)	Abundante (indirecta)
Riego	Abundante	Moderado a abundante	Moderado	Moderado
Biofertilización	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 25 g de lombricomposta por planta. ⬇ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ⬇ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ⬇ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ⬇ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua.
Plagas presentes	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) ⬇ Pulgón verde (<i>Mysus persicae</i>) 	No hubo incidencia de plagas	No hubo incidencia de plagas	No hubo incidencia de plagas.
Control de plagas	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ⬇ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. ⬇ Los pulgones se eliminaron de modo manual. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ⬇ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ⬇ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ⬇ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ⬇ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar.
Control de malezas	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.

7.12 Monitoreo de las condiciones ambientales

- **Variables microclimáticas evaluadas**

La variable temperatura se evaluó tanto en el sistema de cultivo cubierto con un techo de plástico blanco y en un sistema totalmente abierto; mientras que la humedad, la radiación solar total y la radiación fotosintéticamente activa se midieron dentro de cada una de las unidades de producción (muro y maceta), el pH se midió en el sustrato momentos antes de realizar el trasplante y a los 45 días posteriores a este en cada uno de los sistemas de cultivo.

La temperatura registrada durante el estudio, dentro de la unidad de producción fue mayor que la registrada fuera del sistema, mientras que la humedad relativa osciló entre 32.5-49.3% (Fig. 29).

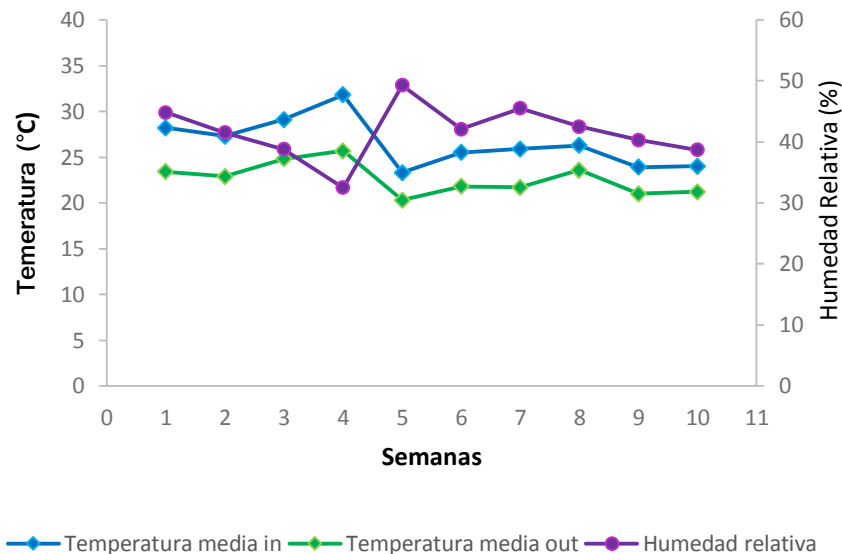


Figura 29. Temperaturas medias y humedad relativa registradas en la unidad de producción durante la época primavera-verano (26/05/2014-01/08/2014).

La radiación solar total en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la captación de luz osciló entre 308-460 luxes, en el nivel medio entre 218-312 luxes y en el nivel inferior entre 151-248 luxes; mientras que en el sistema de maceta la captación fue de 329-390 luxes.

Registrándose dentro del sistema de muro, una mayor captación de luz en el nivel superior en comparación a la de los niveles medio e inferior; sin embargo, a nivel de sistema durante los primeros 35 días, la mayor captación de luz se presentó dentro del sistema de maceta, la cual disminuyó siendo inferior, a la del nivel superior del muro (Fig. 30).

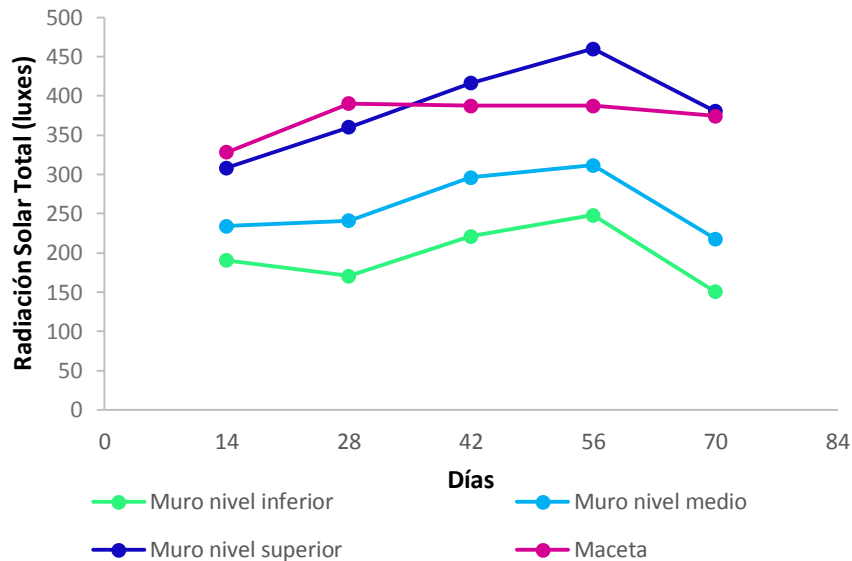


Figura 30. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época primavera-verano (30/05/2014-25/07/2014).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la longitud de onda registrada fue de 585-944 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel medio de 553-835 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel inferior de 465-717 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; mientras que en el sistema de maceta la longitud registrada fue de 721-944 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Dentro del sistema de muro el nivel superior fue el que registro una mayor (PAR) en comparación a la observada en los niveles medio e inferior, sin embargo; al comparar los diferentes sistemas, la mayor (PAR) se reportó en la unidad de producción de maceta (Fig. 31).

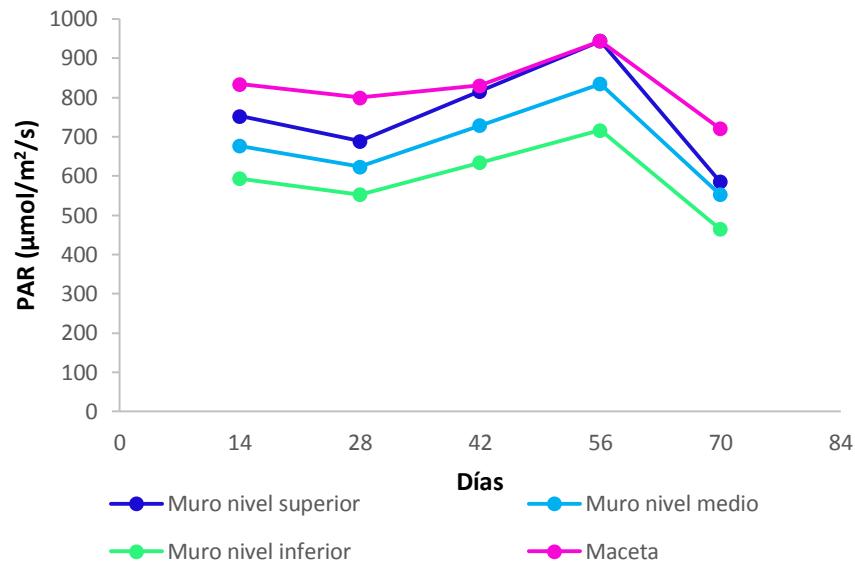


Figura 31. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época primavera-verano (30/05/2014-25/07/2014).

Los valores de pH registrados al inicio del establecimiento del cultivo (en el sustrato) y durante el desarrollo de las diferentes hortalizas (en la zona de la rizosfera y en la zona superficial), fueron ligeramente alcalinos en ambos sistemas de cultivo (Cuadro 21).

Cuadro 21. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.

pH	Sistema de Muro	Sistema de maceta
Sustrato (n=6)	7.95	7.95
Zona superficial (n=6)	8.1	8.0
Zona de la rizosfera (n=6)	7.9	7.9

Experimento 2

En el segundo experimento el sistema de muro se estableció durante la época de verano-otoño, estuvo orientado con una exposición NW con relación a la luz, con una iluminación solar de 6-8 horas diarias de luz continua e indirecta utilizando el diseño (partes que integran el sistema de muro) y la organización de las especies del experimento anterior (Fig. 16 y 32).

En este segundo experimento, es importante señalar que el cambio de orientación de NE a NW se realizó, debido a que en el experimento uno las diferentes variedades de lechuga comenzaron a presentar amarillamiento en sus hojas, posiblemente por la falta de luz generada por la sombra que proyectaba un árbol y el invernadero que se encontraba en un costado.

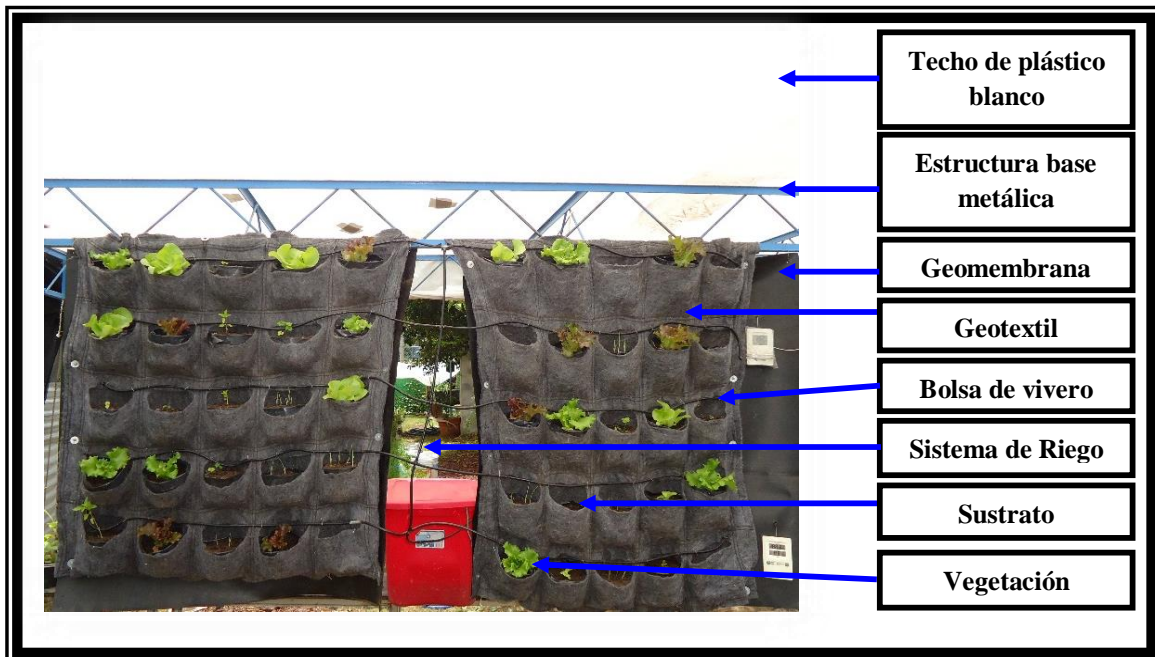


Figura 32. Diseño del sistema de muro verde, con cada uno de los elementos que lo integran en orientación NW, durante el segundo experimento.

7.8 Variables de respuesta

- **Porcentaje de emergencia**

El porcentaje final de emergencia registrado en las tres variedades de lechuga sembradas en cajas petri con agar bacteriológico, fue mayor en la variedad starfighter con el 97% a los ocho días posteriores a la siembra, en la variedad ruby sky fue del 91% a los nueve días y en la variedad cortesana del 78% a los 15 días (Fig. 33).

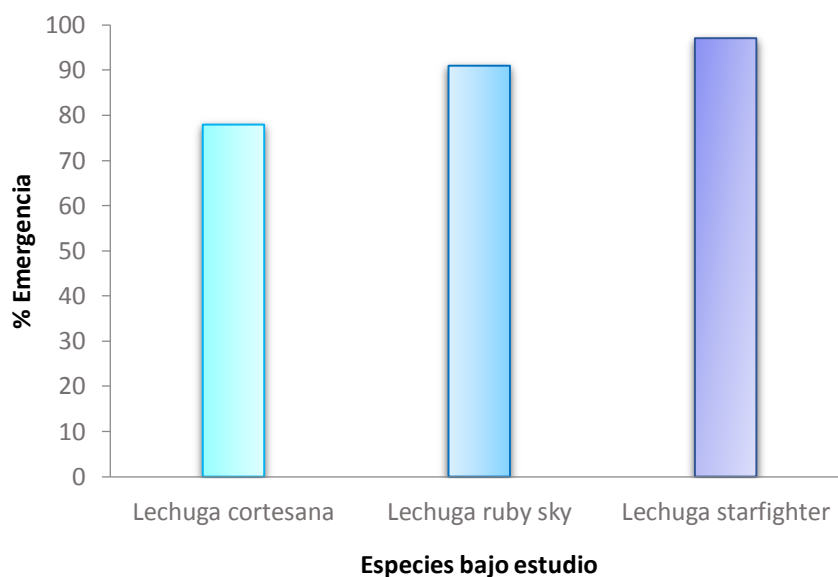


Figura 33. Porcentaje de emergencia de las diferentes variedades de lechuga bajo estudio.

- **Porcentaje de supervivencia**

En las especies aromáticas (albahaca, cebollín y perejil) que se sembraron durante el primer experimento y las tres variedades de lechuga del segundo experimento, el porcentaje de supervivencia se determinó en relación al momento de la cosecha de las lechugas (a los 93 días después de la siembra).

Las tres variedades de lechuga en el sistema de muro presentaron un porcentaje de supervivencia del 100%, mientras que en el sistema de maceta las variedades ruby sky y starfighter presentaron un porcentaje del 87.5%. Las especies albahaca y perejil mantuvieron un 100% de supervivencia en ambos sistemas de cultivo mientras que en el cebollín el porcentaje en muro fue de 94% y en maceta del 91%, disminuyendo su supervivencia en relación al experimento uno (Cuadro 22).

Cuadro 22. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.

Especie	n	%	
		Sistema de muro	Sistema de maceta
L. cortesana	8	100	100
L. ruby sky	8	100	87.5
L. starfighter	8	100	87.5
Albahaca	8	100	100
Cebollín	32	94	91
Perejil	8	100	100

L: lechuga

VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

• Altura

La altura presentó diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema siendo mejor el sistema de muro; a nivel de variedad, las variedades cortesana y ruby sky presentaron los mejores valores tanto en el sistemas de muro como en el de maceta (Fig. 34).

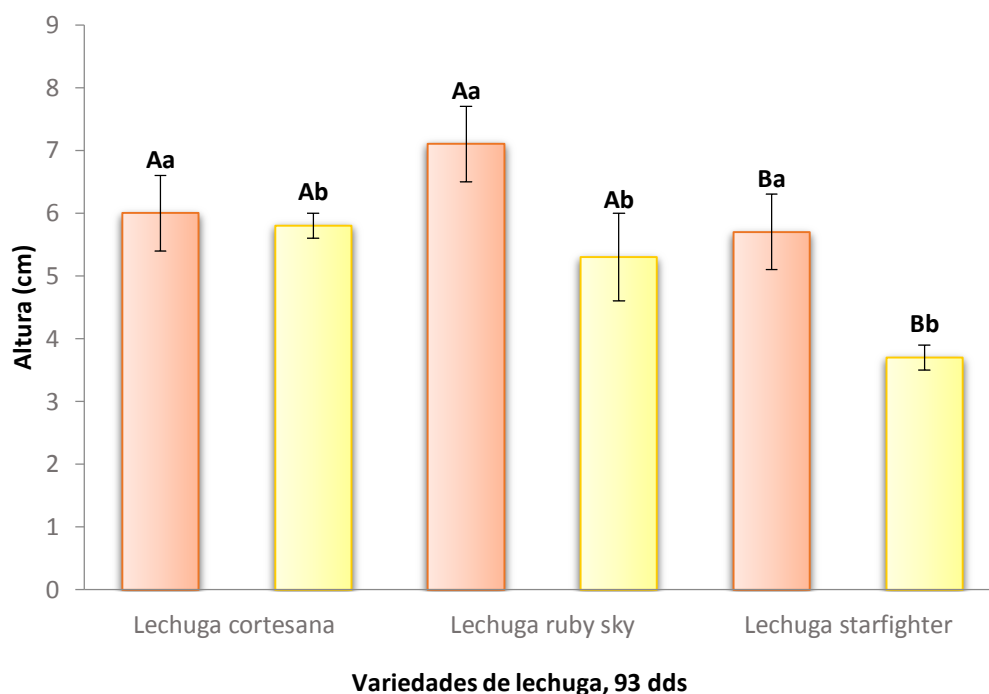


Figura 34. Altura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.

Para la variable altura, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=5.06$, $P=0.010$), las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=8.64$, $P=0.005$)

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta
dds = días después de la siembra

- **Cobertura**

La cobertura presentó diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema, siendo mejor el sistema de muro; a nivel de variedad, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre la variedad cortesana y la variedad starfighter en cada uno de los sistemas de cultivo (Fig. 35).

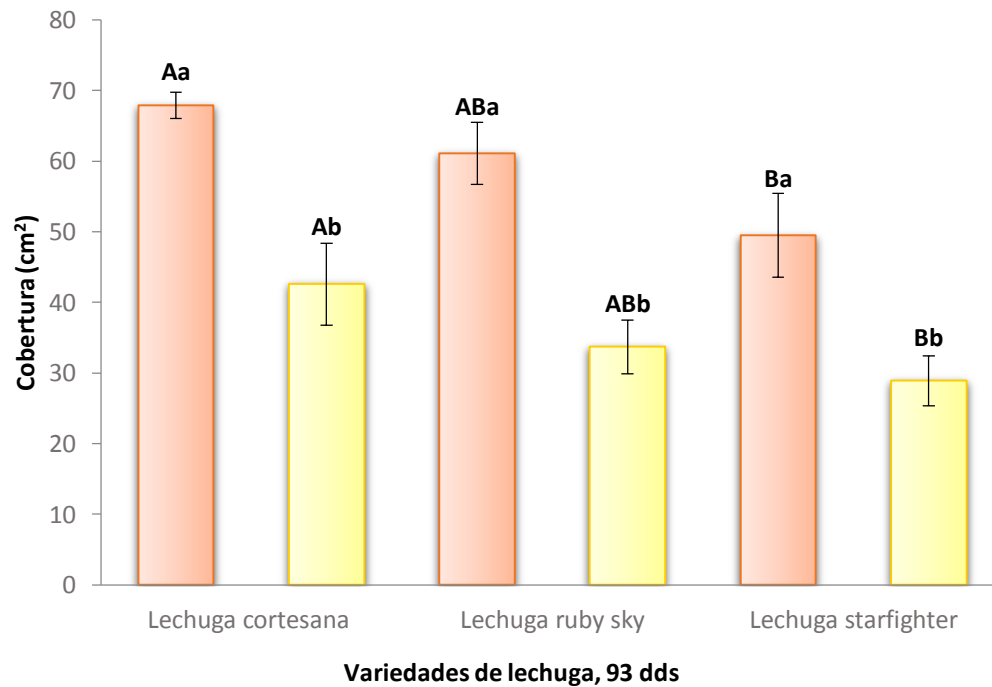


Figura 35. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.

Para la variable cobertura, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=6.58$, $P=0.003$), las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=45.66$, $P=0.000\ 001$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

dds = días después de la siembra.

- **Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

La TCR presentó diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema, siendo mejor el sistema de maceta; a nivel de variedad, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre la variedad cortesana y las variedades ruby sky y starfighter en cada uno de los sistemas de cultivo (Fig. 36).

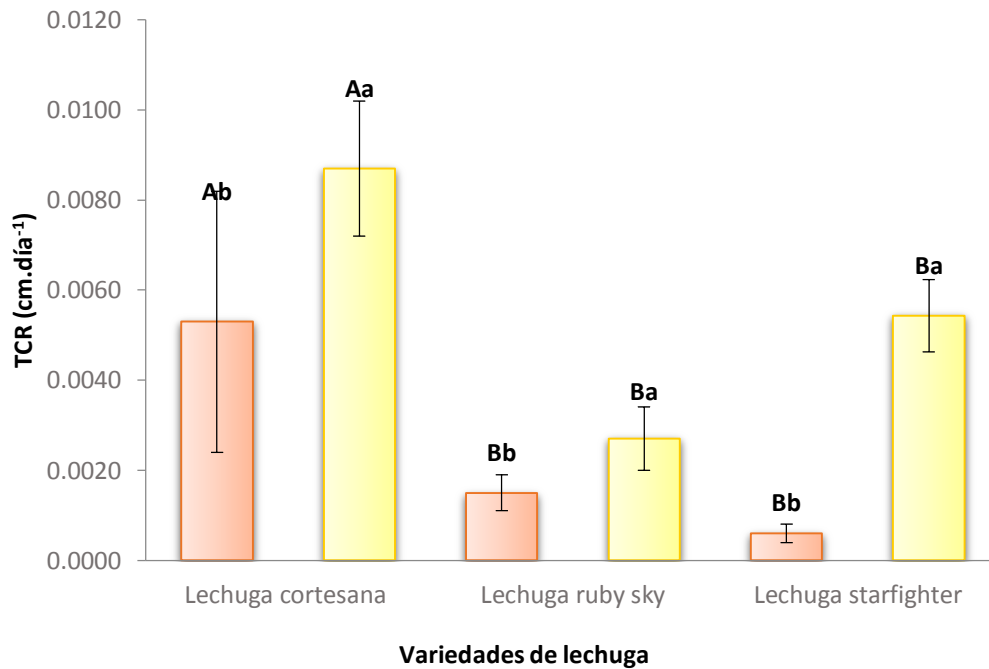


Figura 36. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para la variable TCR, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=7.16$, $P=0.002$), las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=8.30$, $P=0.006$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- **Índice de Cosecha (IC)**

El IC presentó diferencias estadísticas significativas efecto de la interacción de los factores variedad y sistema (Fig. 37).

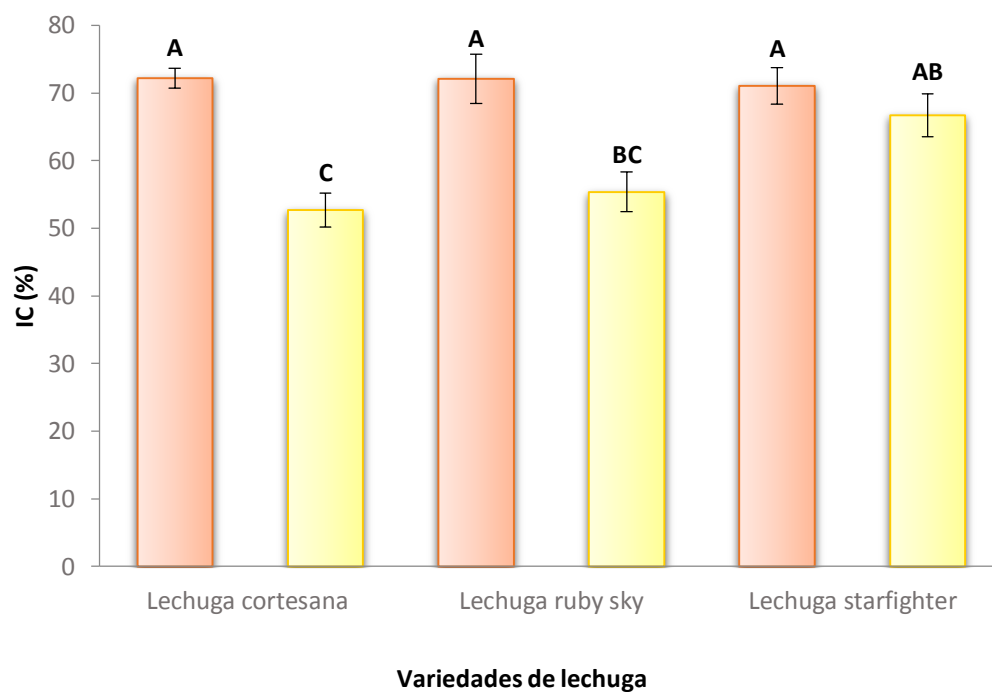


Figura 37. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para la variable IC, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto de la interacción entre el factor variedad y sistema ($F=4.19$, $P=0.021$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- Índice de Calidad de Dickson (ICD)

El ICD presentó diferencias estadísticas significativas a nivel sistema, siendo mejor el sistema de muro, a nivel de variedad, no se hubo diferencias estadísticas significativas entre la variedad de cada uno de los sistemas de cultivo (Fig. 38).

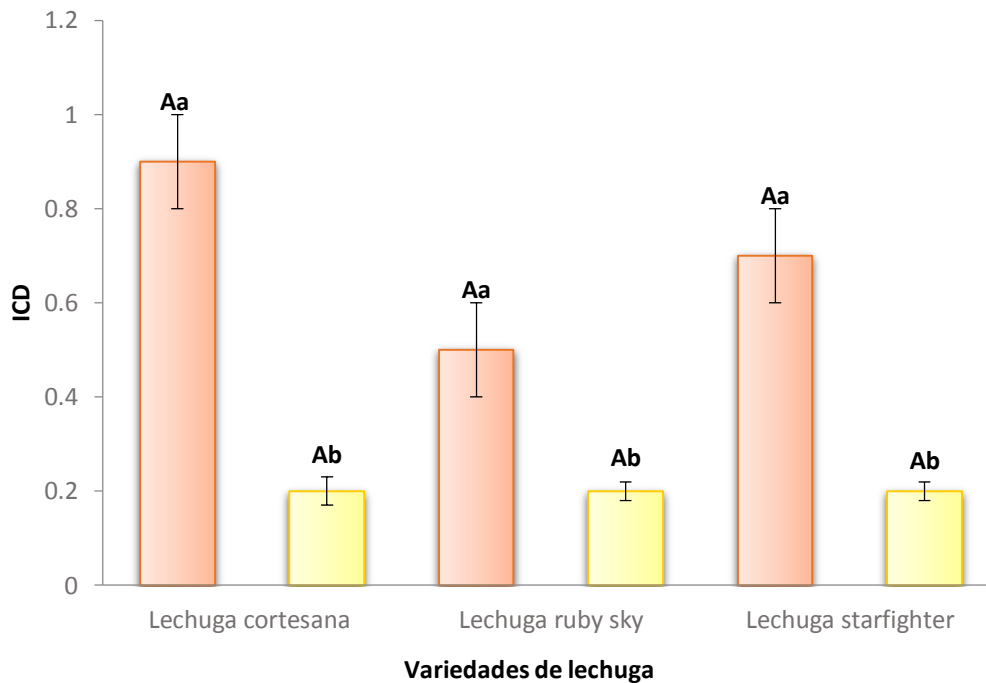


Figura 38. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para la variable ICD, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=6.58$, $P=0.003$), las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=45.66$, $P=0.000\ 001$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- **Biomasa**

Las variables peso fresco y seco de la parte aérea, así como el peso seco radical y total presentaron diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema; mientras que el peso fresco radical y el peso seco total mostraron diferencias estadísticas significativas por la interacción de los factores variedad y sistema (Cuadro 23).

Cuadro 23. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Variedad de lechuga	Sistema de cultivo	PFPA	PFPR	PFT	PSPA	PSPR	PST
g							
Cortesana	Muro	143.0 ± 39.5 Aa	89.8 ± 49.5 A	232.8 ± 84.9 A	2.3 ± 0.9 Aa	0.9 ± 0.4 Aa	3.3 ± 1.3 Aa
Cortesana	Maceta	87.7 ± 32.6 Ab	68.2 ± 33.8 A	155.9 ± 64.9 ABC	0.3 ± 0.1 Ab	0.3 ± 0.1 Ab	0.6 ± 0.2 Ab
Ruby sky	Muro	100.0 ± 33.3 Aa	29.6 ± 14.6 C	129.6 ± 45.0 C	1.7 ± 0.6 Aa	0.8 ± 0.4 Aa	2.5 ± 1.0 Aa
Ruby sky	Maceta	72.8 ± 44.8 Ab	35.2 ± 12.1 BC	108.0 ± 55.7 C	0.4 ± 0.2 Ab	0.3 ± 0.1 Ab	0.7 ± 0.3 Ab
Starfighter	Muro	123.4 ± 22.5 Aa	73.8 ± 15.4 A	197.1 ± 22.8 AB	1.9 ± 0.3 Aa	0.8 ± 0.2 Aa	2.7 ± 0.4 Aa
Starfighter	Maceta	85.9 ± 14.3 Ab	56.1 ± 21.2 AB	142.0 ± 30.5 BC	0.4 ± 0.1 Ab	0.2 ± 0.1 Ab	0.6 ± 0.1 Ab

PFPA=peso fresco parte aérea; PFPR=peso fresco parte radical; PFT=peso fresco total; PSPA=peso seco parte aérea; PSPR=peso seco parte radical; PST=peso seco total. Medias, con desviación estándar donde las letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las diferentes variedades de cada sistema bajo estudio, mientras que las letras minúsculas diferentes indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) efecto del sistema dentro de la variedad.

- **Rendimiento**

El rendimiento de un cultivo de lechugas considerando las tres variedades bajo estudio, en un sistema de un m² de muro verde con 25 plantas fue de 3,03 kg; mientras que en el sistema de maceta con 25 plantas fue de 2,04 kg, en donde el rendimiento del muro fue un 33% mayor al obtenido en maceta.

En relación a las especies aromáticas (las cuales fungieron como especies acompañantes), se calcularon únicamente los promedios de las variables de crecimiento (altura, cobertura y diámetro) evaluadas al momento de la cosecha de las lechugas del segundo experimento, con base a una muestra de ocho plantas en las especies albahaca y perejil; y de una muestra de 32 plantas en el cebollín en cada uno de los sistemas de cultivo.

Obteniendo mejores promedios de la variable altura en el sistema de muro, en la especie albahaca y perejil, y en el sistema de maceta en la especie cebollín; la cobertura presentó los mejores promedios en el sistema de muro en la especie albahaca y perejil, en el cebollín no se registró esta variable debido a su crecimiento arrocetado. En relación al diámetro en albahaca no hubo diferencias entre los dos sistemas producción, en el cebollín se presentó un mayor engrosamiento del tallo en el sistema de macetas y en el perejil el mayor diámetro fue en el sistema de muro (Cuadro 24).

Cuadro 24. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas en ambos sistemas de cultivo.

Espece	Sistema	Altura cm	Cobertura cm ²	Diámetro mm
Albahaca (n=8)	Muro	15.1	48.4	1.3
	Maceta	7.4	32	1.3
Cebollín (n=32)	Muro	49	-	.9
	Maceta	60.3	-	1.6
Perejil (n=8)	Muro	8.1	51	1.5
	Maceta	4.9	22.5	1.3

7.9 Rentabilidad económica

El costo de producción del sistema de muro (2 m²) se calculó con base a tres presupuestos; el primero de ellos hace referencia al costo de instalación del sistema de muros verdes (Cuadro 11), el segundo al costo de los materiales empleados en el cultivo de hortalizas (Cuadro 25), y el tercero al costo que tendría el mantenimiento del sistema, en el cual se sustituye el sustrato para almácigo del experimento uno por los insumos empleados en el cultivo con agar bacteriológico (Cuadro 26).

La suma de estos tres presupuestos dan un costo inicial de inversión para el sistema de muro en una primera producción de \$2,895.86 y en posteriores producciones de \$379.96 con nueva siembra de todas las especies, si las especies aromáticas no se remplazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$331.55, donde ya no se incluye el costo de las semillas de las especies aromáticas (\$3.04), el sustrato utilizado en estas (\$39.37) y el costo de las bolsas negras (\$6.00).

El costo de producción para un sistema de 50 macetas se calculó con base a la suma de dos presupuestos: el primero de ellos, de los materiales empleados para el cultivo de las hortalizas (Cuadro 27) y el segundo, del costo de mantenimiento del sistema, en el cual el tamaño de la maceta se cambió y con ello la cantidad de sustrato, generando las mismas condiciones para ambos sistemas de cultivo (Cuadro 26).

El costo de producción inicial de inversión del sistema de maceta en una primera producción es \$723.17 y en posteriores producciones de \$379.96 considerando la siembra de todas las especies, si las especies aromáticas no se remplazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$331.55, donde ya no se incluye los costos de las semillas de las especies aromáticas (\$3.04), el sustrato utilizado en estas (\$39.37) y el costo de las bolsas negras (\$6.00).

Cuadro 25. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en muro.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
				\$
1	Tijeras de podar	pieza	84.56	84.56
1	Pala de jardinería (de mano)	pieza	19.90	19.90
1	Pala cuadrada 27"	pieza	72.00	72.00
1	Fumigadora de 2 l	pieza	99.50	99.50
Total				275.96

Cuadro 26. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m² de muros verdes o un sistema de 50 macetas de 18 x 18.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
				\$
3	Agar bacteriológico	g	3.46	10.38
6	Cajas petri desechables	pieza	2.26	13.56
160	Semillas	pieza	Varios	19.36
50	Bolsa de plástico negra	pieza	0.25	12.50
23.5	Sustrato	kg	3.49	82.00
1.78	Abono (lombricomposta y lixiviado)	kg	4.20	7.48
2	Control de plagas (biopreparados)	pieza	12.19	24.38
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.30
Total				379.96

Cuadro 27. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en maceta (n=50).

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
3	Plástico blanco	m ²	15.75	47.25
1	Regadera	pieza	20.00	20.00
1	Tijeras de podar	pieza	84.56	84.56
1	Pala de jardinería (de mano)	pieza	19.90	19.90
1	Pala cuadrada 27"	pieza	72.00	72.00
1	Fumigadora de 2 l	pieza	99.50	99.50
Total				343.21

En general considerando el costo de mantenimiento (una vez recuperada la inversión inicial en ambos sistemas de cultivo) sin diferir en el tipo de especie cultivada, el costo de producción de cada hortaliza sería de \$7.60 remplazando todas las especies aromáticas y de \$6.63 sin remplazarlas; resaltando que es mayor el mantenimiento y costo de las semillas en las variedades de las lechugas al de las especies aromáticas por lo cual se desglosa a detalle el costo de producción de cada hortaliza, donde los costos de producción van de \$7.23 a \$8.05 (Cuadro 28).

Cuadro 28. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio para ambos sistemas de cultivo, precios en el mercado orgánico y precio de venta.

Especie	Costo de producción	Precio en Green Corner	Precio de venta
		\$	
Lechuga cortesana	8.05	24.50	19.60
Lechuga ruby sky	7.91	24.50	19.60
Lechuga starfighter	7.89	24.50	19.60
Albahaca	7.25	15.50	12.40
Cebollín	7.25	12.00	9.60
Perejil	7.23	11.00	8.80

Es importante resaltar que al sembrar las especies en agar, los costos de producción por hortaliza aumentan ligeramente en comparación a cuando se siembran en almácigo, generando menores ingresos que en el experimento anterior, pero siendo aun así viable para la venta y competitivo con el mercado orgánico.

Los beneficios obtenidos en cada producción o cultivo en cualquiera de los dos sistemas es de \$756.00 obteniendo un índice costo beneficio de la primera producción de 0.26 en el sistema de muro lo cual nos indica que no es rentable, y un índice de 1.0 en el sistema de maceta lo cual indica que el sistema es indiferente, sin embargo en una segunda producción el índice en ambos sistemas de cultivo es de 2.0 remplazando las especies aromáticas y de 2.3 sin sustituir las especies aromáticas, lo cual nos indica que a partir de esta producción los sistemas de cultivo se vuelven rentables económicamente.

Permitiendo así, liquidar la inversión del sistema de macetas en un menor tiempo.

7.10. Punto de equilibrio

Este se calculó con base a los siguientes rubros para ambos sistemas de cultivo:

Ingresos (utilidades o ganancias)

- Operacionales = \$ 756.00
- Otros ingresos = Ninguno
- *Total de ingresos* = \$756.00

Egresos (costos o gastos)

- | Costos fijos (trimestrales) | | Costos variables (trimestrales) | |
|--------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| • Salario | = \$210.30 | • Materia prima e insumos | = \$169.66 |
| • Servicios | = \$178.20 | | |
| • Depreciación | = \$50.00 | | |
| • <i>Total de costos fijos</i> | = \$438.50 | • <i>Total de costos variables</i> | = \$169.66 |

$$\begin{aligned}
 \text{Costos totales} &= (\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}) \times 10\% \\
 &= (\$438.50 + \$169.66) \times 10\% \\
 &= \$668.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Saldo mensual} &= \text{ingresos} - \text{egresos} \\
 &= \$756.00 - 668.98 \\
 &= \$87.02
 \end{aligned}$$

Quedando una utilidad de \$87.02, lo cual indica que el proyecto si es viable, aunque no se generen grandes utilidades, si es posible recuperar la inversión inicial; pudiendo aumentar dichas utilidades estableciendo una mayor superficie de cultivo.

Una vez realizado el estudio financiero se sustituyen los valores en la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248):

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de Producción}}}$$

$$PE = \frac{\$668.98}{15.12 - \frac{\$169.66}{50}}$$

$$PE = \frac{\$438.50}{11.7268}$$

$$PE = 37.4$$

Donde el punto de equilibrio para el cultivo en cualquiera de los dos sistemas fue de 37.4, valor que indica que para evitar pérdidas o tener ganancias, se deben vender en promedio 38 plantas. Con base a este dato se deduce que la venta menor a este valor generaría pérdidas y una mayor producción y la venta por encima de este valor generaría ganancias.

Proyección de flujo de fondos

Se realizó con base a los ingresos y egresos para saber en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial.

En el sistema de muro verde de 2 m², se requieren de siete cosechas para recuperar la inversión inicial, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 29), mientras que en el sistema de macetas desde la primera cosecha se obtiene la inversión inicial debido a que no hay un gasto en la instalación del sistema, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 30).

Cuadro 29. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Instalación	2239.90							
Materiales	275.96							
Mantenimiento	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96
Total	2895.86	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	-2139.86	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04
Saldo final	-2139.86	-1763.82	-1387.78	-1011.74	-635.7	-259.66	116.38	376.04

Cuadro 30. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Materiales	343.21							
Mantenimiento	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96
Total	723.17	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96	379.96
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	32.83	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04
Saldo final	32.83	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04	376.04

7.12 Requerimientos del cultivo

En el cuadro 31 se describen las formas de manejo agroecológico para cada uno de los diferentes cultivos del sistema de muro y de maceta, donde la aplicación de biopreparados fue como preventivo, ya que no hubo incidencia de plagas.

Cuadro 31. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el segundo experimento.

Hortalizas bajo estudio				
Nombre común	Lechuga	Albahaca	Cebollín	Perejil
Nombre científico	<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Ocimum basilicum</i> L.	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	<i>Petroselinum crispum</i> M.
Siembra	Indirecta: en cámara de incubación por semilla.	No se sembró se trabajó con el lote sembrado en agar durante el primer experimento.	No se sembró se trabajó con el lote sembrado en almácigo durante el primer experimento.	No se sembró se trabajó con el lote sembrado en agar durante el primer experimento.
Luz	Abundante (indirecta)	Abundante (indirecta)	Abundante (indirecta)	Abundante (indirecta)
Riego	Abundante	Moderado a abundante	Moderado	Moderado
Biofertilización	<ul style="list-style-type: none"> ✚ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 25 g de lombricomposta por planta. ✚ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. ✚ Cada tercer día durante una semana (15 días antes de la cosecha) se aplicó 30 ml de lixiviado sin diluir por planta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ✚ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. ✚ Cada tercer día durante una semana (15 días antes de la cosecha) se aplicó 30 ml de lixiviado sin diluir por planta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ✚ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. ✚ Cada tercer día durante una semana (15 días antes de la cosecha) se aplicó 30 ml de lixiviado sin diluir por planta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ A los 30 y 60 días se aporcaron alrededor del tallo 10 g de lombricomposta por planta. ✚ A los 45 y 75 días se aplicó de manera foliar 275 ml de lixiviado de lombricomposta diluido en agua por m² en una concentración (1:10) preparando 25 ml de lixiviado en 250 ml de agua. ✚ Cada tercer día durante una semana (15 días antes de la cosecha) se aplicó 30 ml de lixiviado sin diluir por planta.
Plagas presentes	No hubo incidencia de plagas	Hormigas	No hubo incidencia de plagas	No hubo incidencia de plagas.
Control de plagas	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ✚ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Se saturó varias veces de agua la maceta hasta inundarla y dejó drenar. ✚ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ✚ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ✚ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Biopreparado de higuierilla 45 ml x m² de manera foliar. ✚ Biopreparado de caléndula 35 ml x m² de manera foliar.
Control de malezas	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.

7.12 Monitoreo de las condiciones ambientales

• Variables microclimáticas evaluadas

La temperatura registrada durante el estudio, dentro de la unidad de producción fue mayor que la registrada fuera del sistema, mientras que la humedad relativa osciló entre 22.9-40.3% (Fig. 39).

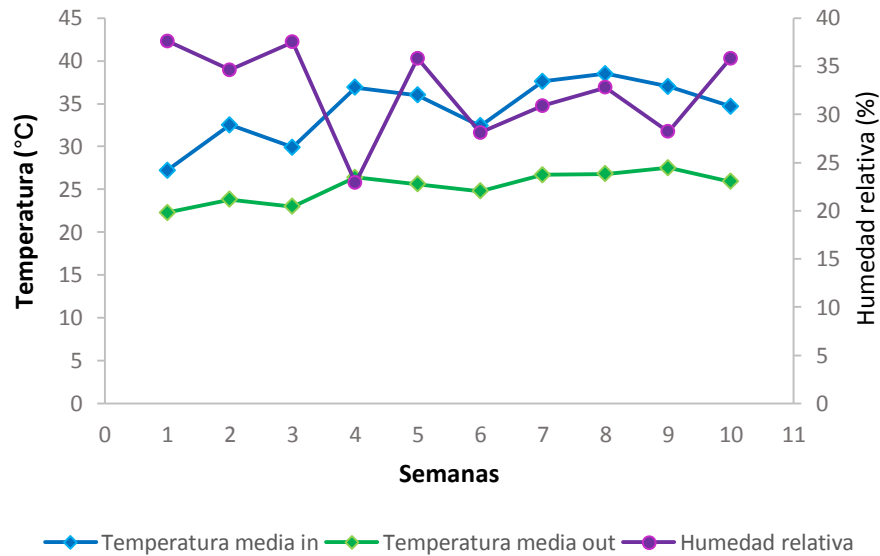


Figura 39. Temperaturas medias y humedad relativa registrada en la unidad de producción durante la época verano-otoño (04/08/2014-10/10/2014).

La radiación solar total en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la captación de luz osciló entre 151-623 luxes, en el nivel medio entre 121-553 luxes y en el nivel inferior entre 94-473 luxes; mientras que en el sistema de maceta la captación fue de 141-510 luxes.

Registrándose dentro del sistema de muro, una mayor captación de luz en el nivel superior en comparación a la de los niveles medio e inferior. Mientras que en el sistema de macetas la captación de luz registrada estuvo en su mayoría dentro de los rangos registrados en el sistema de muro, a excepción del día 28 donde la captación fue mayor (Fig. 40).

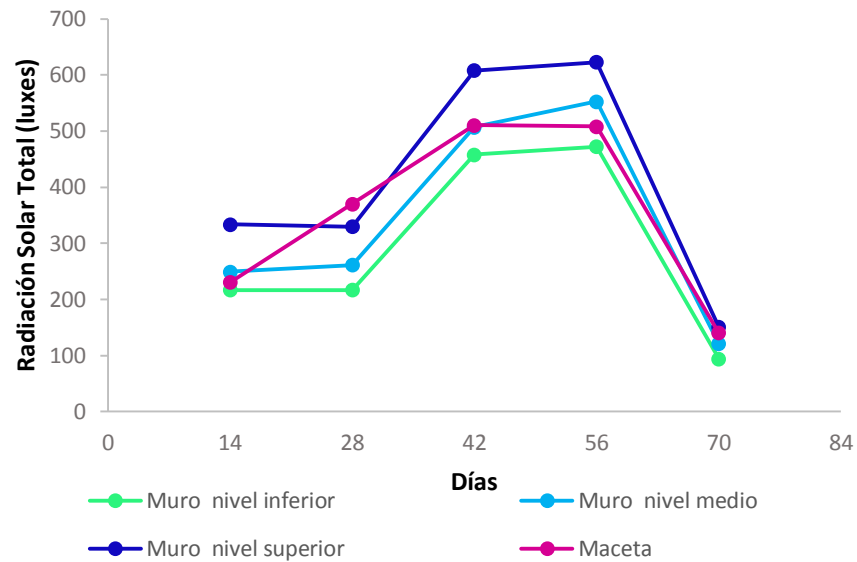


Figura 40. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época verano-otoño (08/08/2014-03/10/2014).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la longitud de onda registrada fue de 185-1198 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel medio de 150-1055 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel inferior de 142-995 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; mientras que en el sistema de maceta la longitud registrada fue de 165- 1204 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Dentro del sistema de muro el nivel superior fue el que registro una mayor (PAR) en comparación a la observada en los niveles medio e inferior. Mientras que el sistema de maceta presento longitudes de onda similares a los reportados para el muro excepto a los 42 días donde fue superior (Fig. 41).

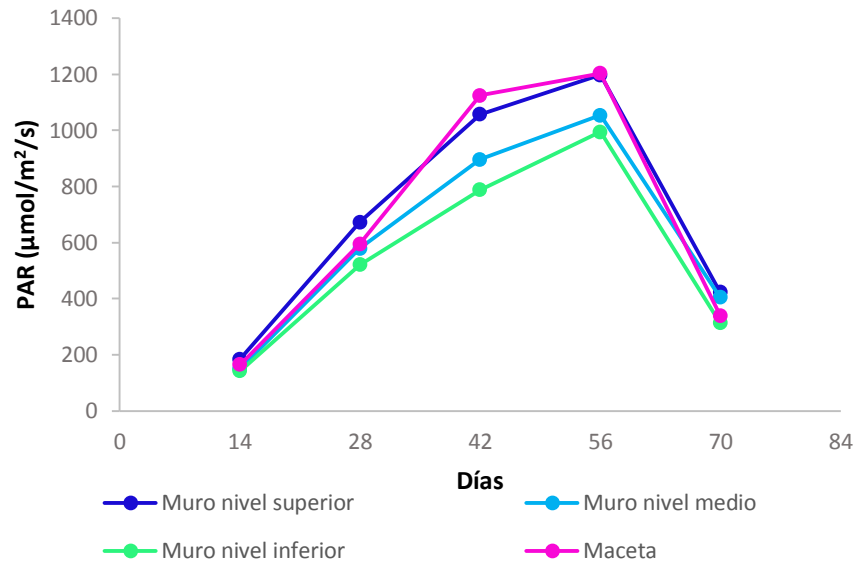


Figura 41. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época verano-otoño (08/08/2014-03/10/2014).

Los valores de pH registrados al inicio del establecimiento del cultivo (en el sustrato) y durante el desarrollo las diferentes hortalizas (en la zona de la rizosfera), fueron ligeramente alcalinos en ambos sistemas de cultivo (Cuadro 32).

Cuadro 32. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.

pH	Sistema de muro	Sistema de maceta
Sustrato (n=18)	7.95	7.95
Zona de la rizosfera (n=18)	9.8	9.5

Experimento 3.

En el tercer experimento el sistema de muro se estableció durante la época de otoño-invierno, estuvo orientado con una exposición NW con relación a la luz, con una iluminación solar de 6-8 horas diarias de luz continua e indirecta.

En el diseño del sistema de muros se realizaron algunas modificaciones de los elementos utilizados en los experimentos anteriores quedando constituido por una estructura base de metal, una geomembrana, un geotextil confeccionado, un plástico blanco, en este experimento se sustituyeron las bolsas de vivero por botellas de PET forradas de plástico negro de 18 cm de profundidad, para generar una mayor espacio para el desarrollo radical, se modificó también el sustrato elaborándolo de una mezcla de bocashi, estiércol, fibra de coco en proporción (1:1:1) por kilo de tierra, el cual se mezcló, colocando 646 g en envases de PET, añadiendo en polvo 15 g de cáscara de huevo, 5 g de zeolita, 3 g de jengibre y 1 g de canela, teniendo así un total de 670 g de sustrato en cada botella de PET; el sistema de riego por goteo se sustituyó por un sistema de riego de superficie (manual) ya que se observó que con el anterior se afecta el desarrollo foliar (en las lechugas cuando éstas generan una mayor cobertura) y el establecimiento de las especies (Fig. 42).

Se modificó la distribución de las especies, colocándolas de manera intercalada y al azar, de tal manera que se colocaba una de las tres variedades de lechuga en el primer saco y en el que sigue una especie aromática, así hasta concluir con los 25 sacos, ya que en el diseño anterior se observó que cuando estaban dos lechugas juntas, la de mayor cobertura generaba sombra a la otra planta, haciendo que ésta comenzara a alargarse (Fig. 43).

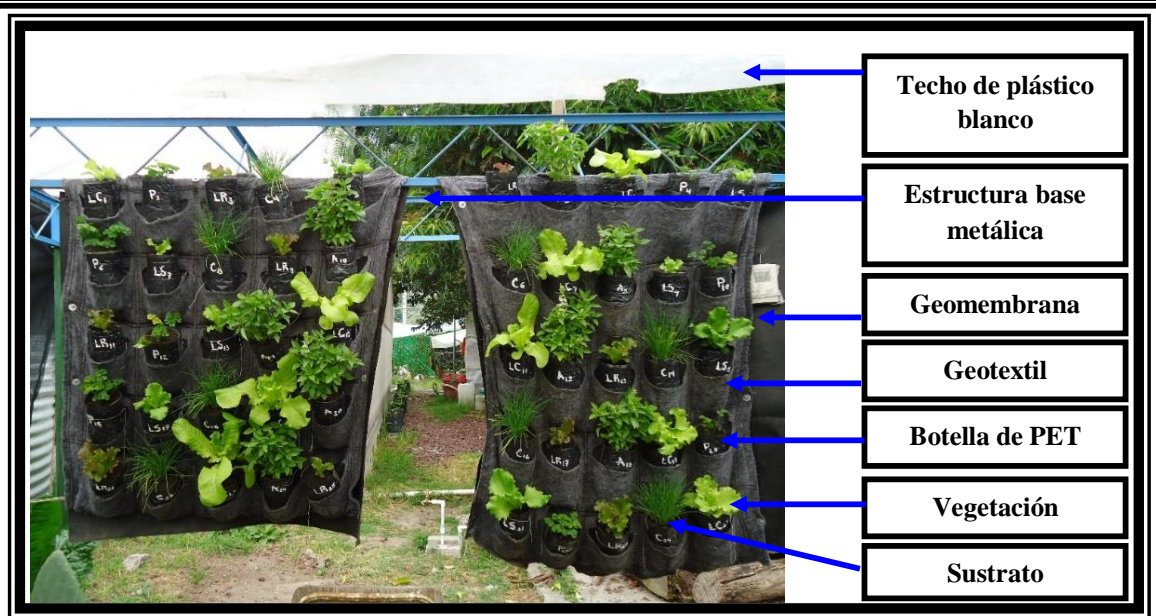


Figura 42. Diseño del sistema de muro verde modificado, implementando botellas de PET, con otro sustrato, sin el sistema de riego por goteo, en orientación NW, durante el tercer experimento.

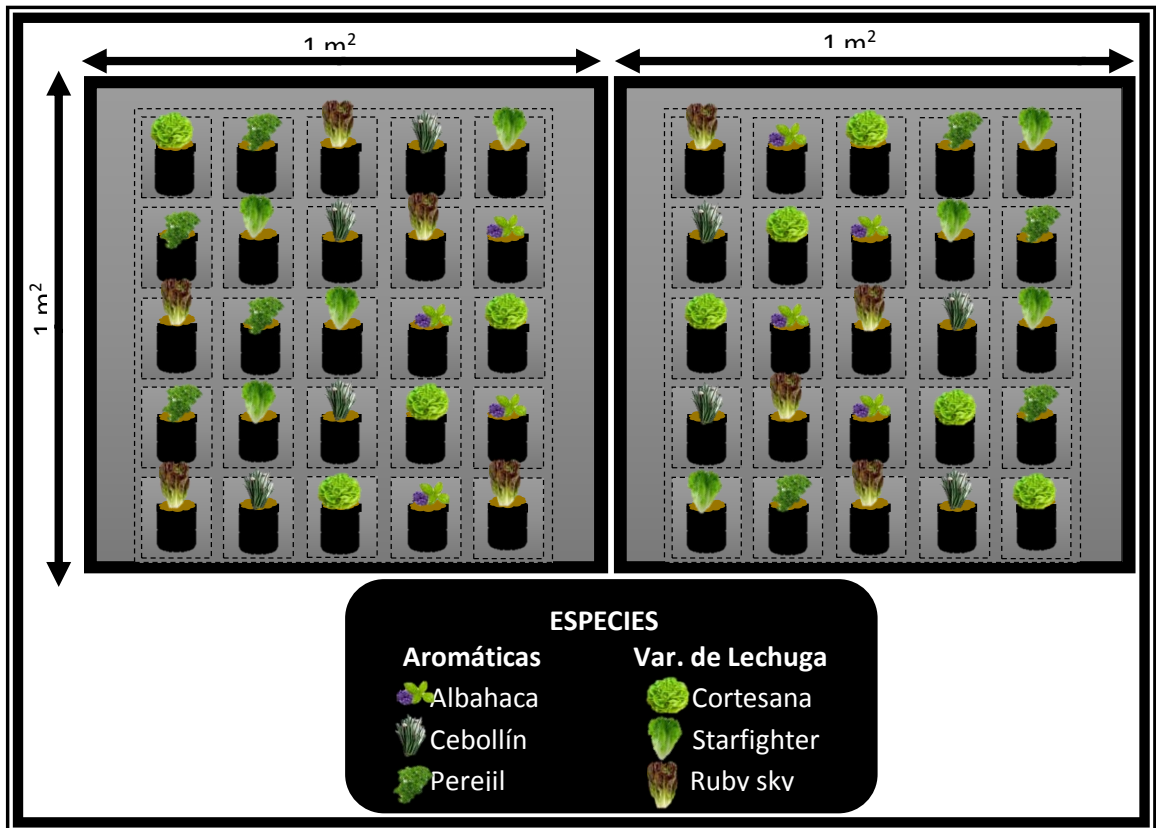


Figura 43. Diseño y organización de las especies dentro del sistema de muro verde, del tercer experimento.

7.8 Variables de respuesta

- **Porcentaje de emergencia**

El porcentaje final de emergencia registrado en las tres variedades de lechuga sembradas en cajas petri con agar bacteriológico, fue mayor en la variedad starfighter con el 97%; mientras que en la variedad ruby sky fue del 91% ambas a los once días posteriores a la siembra y en la variedad cortesana del 78% a los 15 días (Fig.44).

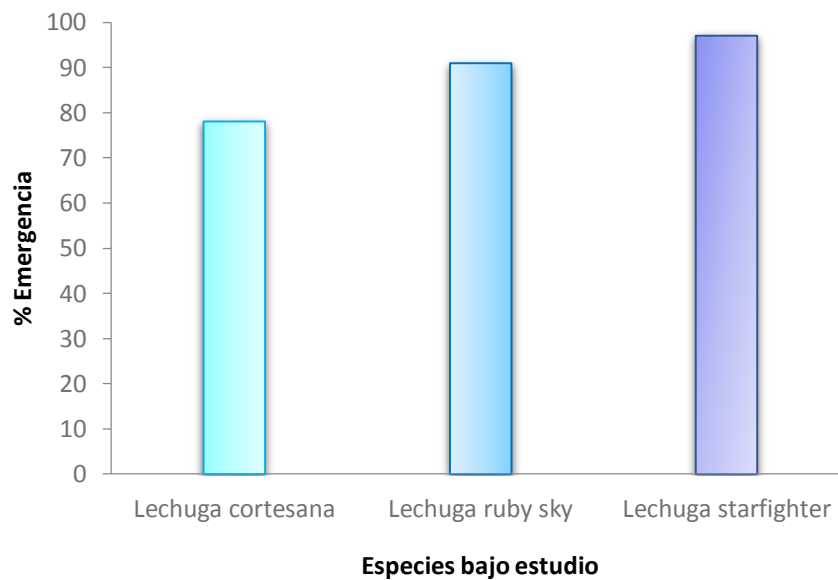


Figura 44. Porcentaje de emergencia de las diferentes especies bajo estudio.

- **Porcentaje de supervivencia**

Se calculó para las especies aromáticas (albahaca, cebollín y perejil) que se sembraron en el presente experimento por separación de matas, así como para las tres variedades de lechuga sembradas en agar, determinando el porcentaje de supervivencia en relación al momento de la cosecha de las lechugas (a los 91 días después de la siembra).

Las tres especies aromáticas recién sembradas así como las tres variedades de lechuga presentaron un porcentaje de supervivencia del 100% (Cuadro 33).

Cuadro 33. Porcentaje de supervivencia para las diferentes especies bajo estudio.

Especie	n	%	
		Sistema de muro	Sistema de maceta
L. cortesana	8	100	100
L. ruby sky	8	100	100
L. starfighter	8	100	100
Albahaca	8	100	100
Cebollín	8	100	100
Perejil	8	100	100

L: lechuga

VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

- **Altura**

La altura presentó diferencias estadísticas significativas efecto de la interacción de los factores variedad y sistema (Fig.45).

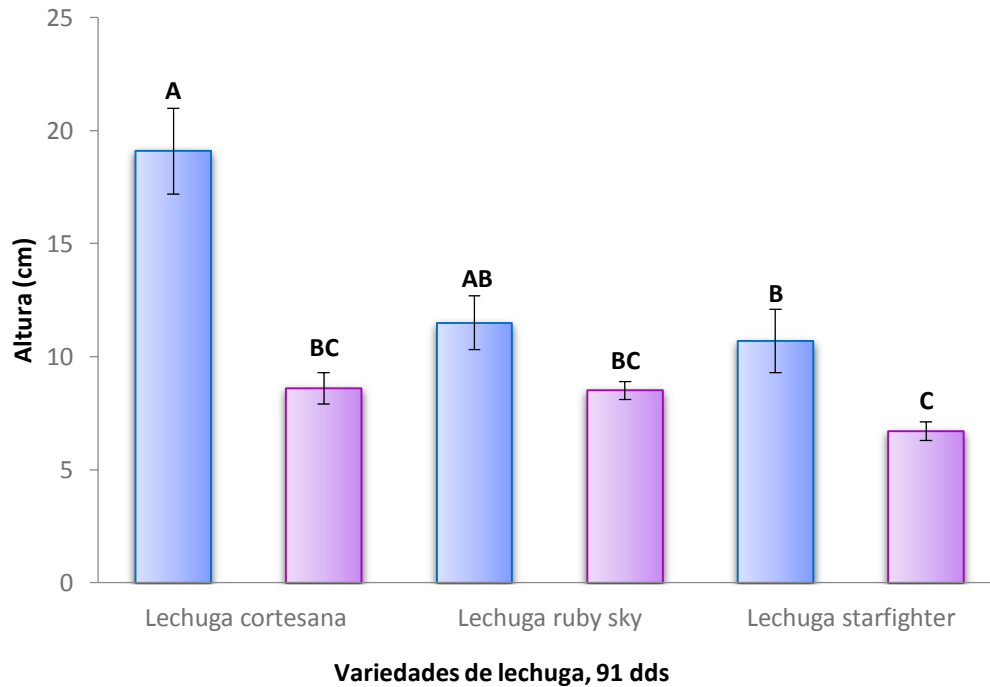


Figura 45. Altura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.

Para la variable altura, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 26.33$ y $P= 0.0001$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta
 dds = días después de la siembra.

- Cobertura

La cobertura presentó diferencias estadísticas significativas efecto de la interacción de los factores variedad y sistema (Fig. 46).

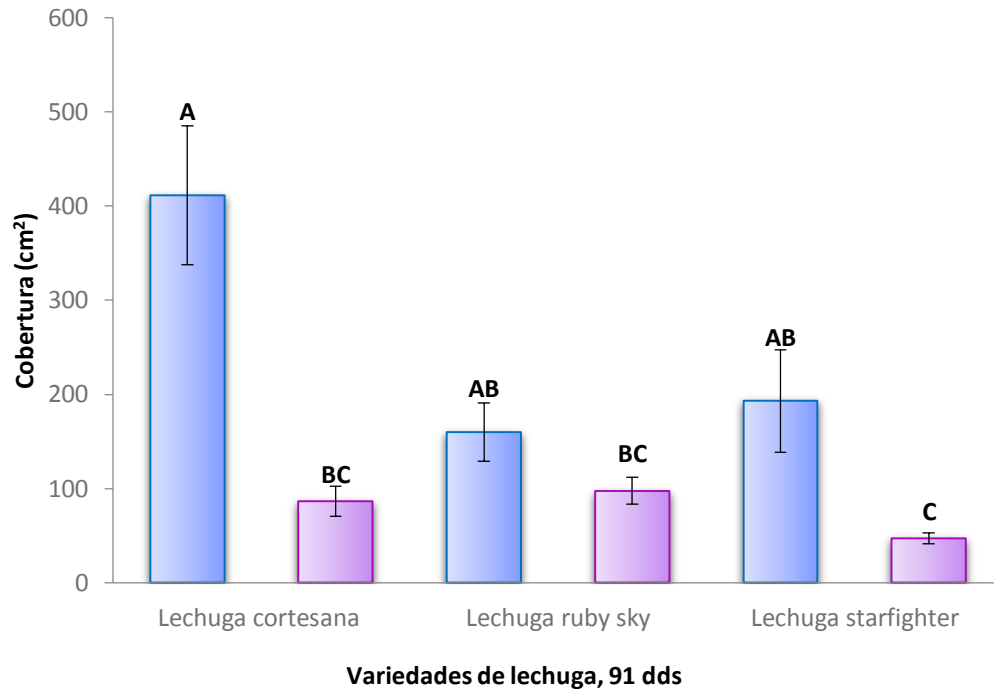


Figura 46. Cobertura final de las tres variedades de lechuga en ambos sistema de cultivo.

Para la variable cobertura, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 26.28$ Y $P= 0.0001$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta
dds = días después de la siembra.

- **Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

La TCR presentó diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema, siendo mejor el sistema de muro; a nivel de variedad, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre la variedad ruby sky y las variedades cortesana y starfighter de cada uno de los sistemas de cultivo (Fig. 47).

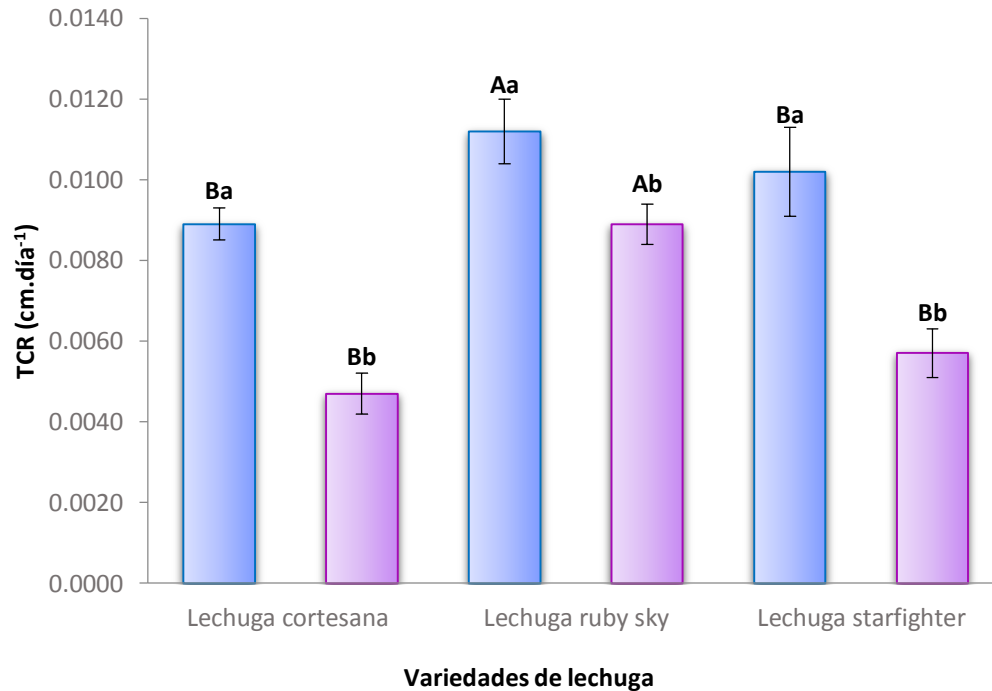


Figura 47. Tasa de Crecimiento Relativo para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para la variable TCR, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=12.23$, $P=0.00006$), las letras minúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=45.42$; $P=0.000001$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- **Índice de Cosecha (IC)**

El IC no presentó diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema ni a nivel de variedad (Fig. 48).

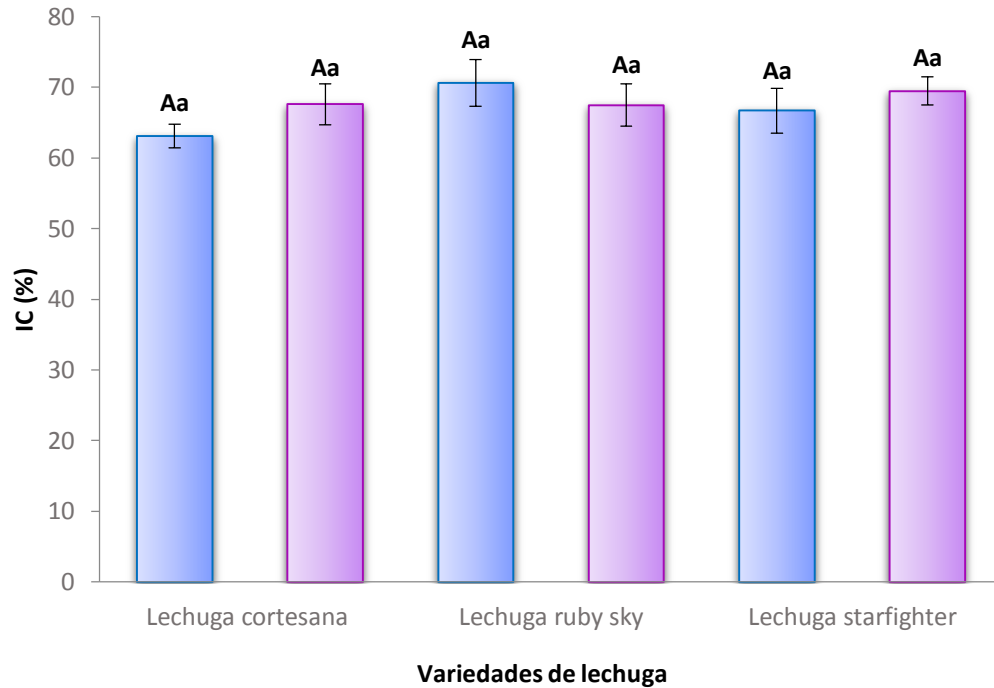


Figura 48. Índice de Cosecha para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para el IC, las letras mayúsculas iguales sobre las barras indican que no hay diferencias estadísticas significativas efecto de la variedad en cada sistema ($F=0.99$ y $P=0.38$), las letras minúsculas iguales sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas efecto del sistema dentro de la variedad ($F=0.38$ y $P=0.53$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- Índice de Calidad de Dickson (ICD)

El ICD presentó diferencias estadísticas significativas efecto de la interacción de los factores variedad y sistema (Fig. 49).

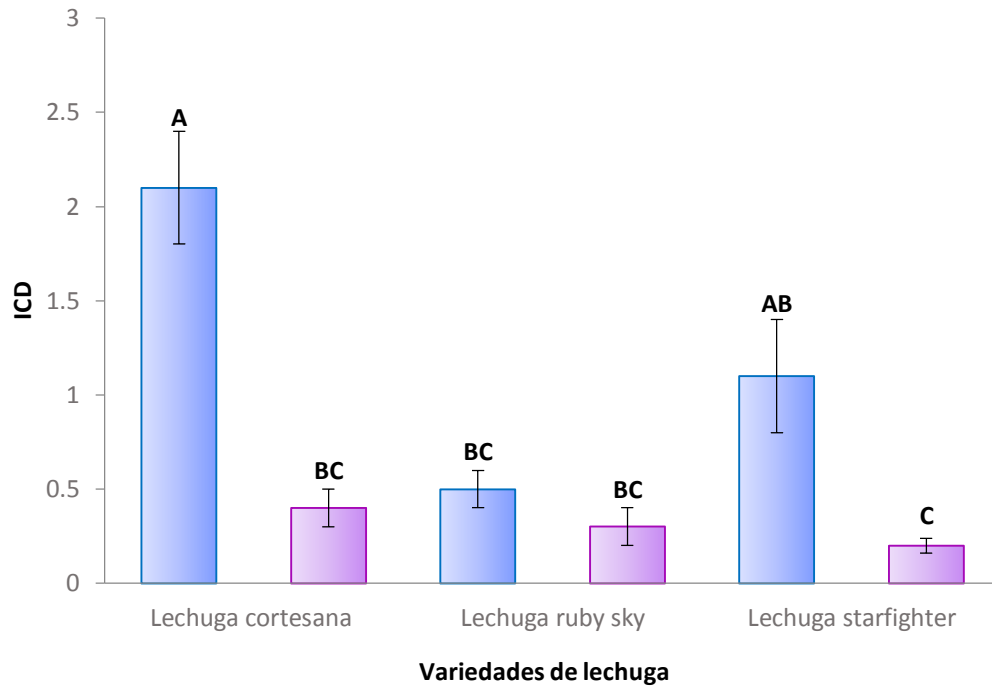


Figura 49. Índice de Calidad de Dickson para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Para la variable ICD, las letras mayúsculas diferentes sobre las barras indican que hay diferencias estadísticas significativas, prueba de rangos Kruskal Wallis ($H= 22.89$ y $P= 0.0003$).

■ Sistema de cultivo en muro ■ Sistema de cultivo en maceta

- **Biomasa**

Las variables peso fresco de la parte aérea y peso fresco total, presentaron diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema; mientras que el resto de las variables de respuesta mostraron diferencias estadísticas por la interacción de los factores variedad y sistema (Cuadro 34).

Cuadro 34. Biomasa de la raíz y vástago para las tres variedades de lechuga en ambos sistemas de cultivo.

Variedad de lechuga	Sistema de cultivo	PFPA	PFPR	PFT	PSPA	PSPR	PST
g							
Cortesana	Muro	357.3 ± 162.9 Aa	87.3 ± 24.0 AB	444.5 ± 179.3 Aa	4.8 ± 1.9 A	2.7 ± 0.7 A	7.5 ± 2.6 A
Cortesana	Maceta	166.5 ± 73.6 Ab	49 ± 25.9 C	215.6 ± 97.6 Ab	0.8 ± 0.4 BC	0.4 ± 0.2 BC	1.3 ± 0.6 BC
Ruby sky	Muro	379.3 ± 278.3 Aa	64.3 ± 43.8 BC	443.5 ± 314.7 Aa	1.4 ± 0.7 BC	0.6 ± 0.4 BC	1.9 ± 1.0 BC
Ruby sky	Maceta	180.0 ± 86.1 Ab	46.5 ± 24.3 C	226.6 ± 108.7 Ab	0.8 ± 0.5 BC	0.4 ± 0.2 BC	1.2 ± 0.7 BC
Starfighter	Muro	167.5 ± 145.0 Aa	187.1 ± 149.2 A	354.6 ± 293.8 Aa	2.9 ± 2.3 AB	1.2 ± 1.0 B	4.0 ± 3.2 AB
Starfighter	Maceta	136.4 ± 45.0 Ab	133.5 ± 50.3 A	269.9 ± 90.8 Ab	0.7 ± 0.2 C	0.3 ± 0.1 C	0.9 ± 0.4 C

PFPA=peso fresco parte aérea; PFPR=peso fresco parte radical; PFT=peso fresco total; PSPA=peso seco parte aérea; PSPR=peso seco parte radical; PST=peso seco total. Medias, con desviación estándar donde las letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las diferentes variedades de cada sistema bajo estudio, mientras que las letras minúsculas diferentes indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) efecto del sistema dentro de la variedad.

Rendimiento

El rendimiento de un cultivo de lechugas considerando las tres variedades bajo estudio, en un sistema de un m² de muro verde con 25 plantas fue de 7,61 kg; mientras que en el sistema de maceta con 25 plantas fue de 4,04 kg, en donde el rendimiento del muro fue un 47% mayor al obtenido en maceta.

En relación a las especies aromáticas (las cuales fungieron como especies acompañantes), se le realizó una prueba ANOVA de un solo factor a las variables (altura, cobertura) evaluadas al momento de la cosecha de las lechugas, para una muestra de ocho individuos de cada especie en cada uno de los sistemas obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 35).

Para la variable altura en la albahaca no hubo diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema; sin embargo, en cebollín y perejil si hubo diferencias estadísticas significativas siendo el sistema de muro el de mejor resultados en ambas especies.

Para la variable cobertura, las especies albahaca y cebollín no presentaron diferencias estadísticas significativas; sin embargo, la especie perejil si presentó diferencias estadísticas, dando mejores resultados en el sistema de muro verde.

Cuadro 35. Promedios de las variables de crecimiento de las especies aromáticas (n=8) en ambos sistemas de cultivo.

Especie	Variables	Muro	Maceta	Estadigrafo de prueba	Probabilidad (p)
Albahaca	Altura (cm)	28.2 A	27.0 A	F=1.34	0.26
	Cobertura (cm ²)	306.1 A	292.0 A	H=0.39	0.52
Cebollín	Altura (cm)	21.7 A	19.3 B	H=11.34	0.0007
	Cobertura (cm ²)	579.7 A	550.8 A	H=0.17	0.67
Perejil	Altura (cm)	10.3 A	5.8 B	F=15.79	0.001
	Cobertura (cm ²)	95.2 A	53.3 B	F=3.91	0.06

Nota: Donde las letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema, mientras que letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas a nivel de sistema.

7.9 Rentabilidad económica

El índice se calculó con base a tres presupuestos: el primero de ellos hace referencia al costo de instalación del sistema de muros verdes, el segundo al costo de los materiales empleados en el cultivo de hortalizas, y el tercero al costo que tendría el mantenimiento del sistema (Cuadro 36, 37 y 38).

La suma de los tres presupuestos, indican el costo total de inversión inicial; sin embargo, para posteriores producciones de hortalizas únicamente se contemplaría el presupuesto para mantenimiento, con lo cual disminuye los gastos que genera el sistema de producción y aumenta las ganancias.

El costo inicial de inversión para un sistema de producción de 2 m² de muros verdes, (en una primera producción con duración de tres meses) fue de \$2,379.49, mientras que en la segunda producción el costo de inversión (que incluye únicamente el presupuesto de mantenimiento) fue de \$430.06 considerando la siembra de todas las especies; si las especies aromáticas no se remplazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$300.46, donde ya no se incluye los costos de las plantas aromáticas (\$96.00), ni el sustrato utilizado en estas (\$33.60), permitiendo así obtener mayores ganancias en cultivos posteriores.

Cuadro 36. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en la instalación de un sistema de 2 m² de muros verdes.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
2	Geomembrana 1mm	m ²	180	360
2	Geotextil confeccionado	m ²	600	1200
16	Pijas	pieza	0.40	6.40
16	Rondanas	pieza	0.30	4.80
0.25	Alambre recocido	g	20.00	5.00
3	Plástico blanco	m ²	15.75	47.25
50	Botellas de PET	pieza	0	0
1	Bolsa de basura negra	pieza	7.50	7.50
1	Cinta adhesiva	pieza	5.00	5.00
2	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	17.52
Total				1653.47

Cuadro 37. Presupuesto de los materiales utilizados para el cultivo de hortalizas en muro y maceta.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
1	Regadera	pieza	20.00	20.00
1	Tijeras de podar	pieza	84.56	84.56
1	Pala de jardinería (de mano)	pieza	19.90	19.90
1	Pala cuadrada 27"	pieza	72.00	72.00
1	Fumigadora de 2 l	pieza	99.50	99.50
Total				\$295.96

Cuadro 38. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento de un sistema de 2 m² de muros verdes.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
3	Agar bacteriológico	g	3.46	10.38
6	Cajas petri desechables	pieza	2.26	13.56
48	Semillas	pieza	Varios	16.32
12	Plantas aromáticas	piezas	8.00	96.00
33.5	Sustrato	kg	2.09	70.00
1.5	Abono (Microorganismos Eficientes)	l	8.93	13.50
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.30
Total				430.06

Los beneficios generados en cada producción o cultivo son de \$756.00 obteniendo un índice costo beneficio de la primera producción de 0.3 lo cual indica que no es rentable; sin embargo, en una segunda producción el índice es de 1.8 remplazando las especies aromáticas y de 2.5 sin sustituir las especies aromáticas, lo cual nos indica que a partir de esta producción el proyecto ya sería rentable económicamente.

En general, considerando el presupuesto de mantenimiento (una vez recuperada la inversión inicial de la construcción del sistema de muro) sin diferir en el tipo de especie cultivada, el costo de producción de cada hortaliza sería de \$8.60 remplazando todas las especies aromáticas y de \$6.00 sin remplazarlas; sin embargo, es importante resaltar que es mayor el mantenimiento y costo de las semillas en las tres variedades de las lechugas al de las especies aromáticas por lo cual se desglosa a detalle el costo de producción de cada una de las hortalizas, donde los costos de producción van de \$7.22 a \$10.33 (Cuadro 39).

Cuadro 39. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de muro verde, precios en el mercado orgánico y precio de venta.

Especie	Costo de producción	Precio en Green Corner	
		Precio en Green Corner	Precio de venta
		\$	
Lechuga cortesana	7.38	24.50	19.60
Lechuga ruby sky	7.24	24.50	19.60
Lechuga starfighter	7.22	24.50	19.60
Albahaca	10.33	15.50	12.40
Cebollín	10.33	12.00	9.60
Perejil	10.33	11.00	8.80

Donde el cultivo de las lechugas es rentable, pero en el caso de las especies aromáticas en un inicio no es tan rentable ya que los costos de producción son un tanto elevados generando únicamente ganancias mínimas en la especie albahaca mientras que en el caso del cebollín y perejil el valor de venta tendría que ser similar e incluso superior al del mercado para generar ganancias. En cultivos posteriores al no tener que comprar las plantas aromáticas los costos de estas al propagarse por separación de matas disminuye, costando cada planta aromática \$6.33, generando así que su cultivo sea más redituable.

El costo de producción para un sistema de 50 macetas se calculó con base a la suma de dos presupuestos: el primero de ellos, de los materiales empleados para el cultivo de las hortalizas y el segundo, del costo de mantenimiento del sistema (Cuadro 27 y 40). La suma de los dos presupuestos, indican el costo total de inversión inicial para el sistema de maceta; sin embargo, para posteriores producciones de hortalizas únicamente se contemplaría el presupuesto para mantenimiento.

El costo inicial de inversión para un sistema de producción de 50 macetas, (en una primera producción con duración de tres meses) fue de \$781.27, mientras que en la segunda producción el costo de inversión (que incluye únicamente el presupuesto de mantenimiento) fue de \$438.06 considerando la siembra de todas las especies; si las especies aromáticas no se remplazan en cultivos posteriores el costo de instalación disminuye a \$308.46, donde ya no se incluye los costos de las plantas aromáticas (\$96.00) ni el sustrato utilizado en su cultivo (\$33.60).

Los beneficios obtenidos en cada producción o cultivo son de \$756.00 obteniendo un índice costo beneficio de la primera producción de 1.0 lo cual indica que el proyecto es indiferente, es decir, no hay pérdidas ni ganancias; sin embargo, en una segunda producción el índice es de 1.7 remplazando las especies aromáticas y de 2.5 sin sustituir las especies aromáticas, lo cual nos indica que a partir de esta producción el proyecto ya sería rentable económicamente.

Cuadro 40. Presupuesto de materiales, equipos y mano de obra utilizados en el mantenimiento del cultivo en el sistema de maceta (n=50).

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
				\$
3	Agar bacteriológico	g	3.46	10.38
6	Cajas petri desechables	pieza	2.26	13.56
48	Semillas	pieza	Varios	16.32
12	Plantas aromáticas	piezas	8.00	96.00
33.5	Sustrato	kg	2.09	70.00
1.5	Abono (Microorganismos Eficientes)	l	8.93	13.50
1	Control de plagas (jabón potásico)	pieza	8.00	8.00
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.30
Total				438.06

En general, considerando el costo de mantenimiento (una vez recuperada la inversión inicial del sistema de maceta) sin diferir en el tipo de especie cultivada, el costo de producción de cada hortaliza sería de \$8.76 reemplazando todas las especies aromáticas y de \$6.17 sin reemplazarlas; sin embargo, es importante resaltar que es mayor el mantenimiento y costo de las semillas en las tres variedades de las lechugas al de las especies aromáticas por lo cual se desglosa a detalle el costo de producción de cada una de las hortalizas, donde los costos de producción van de \$7.38 a \$10.49 (Cuadro 41).

Cuadro 41. Costos de producción de las hortalizas bajo estudio en el sistema de maceta, precios en el mercado orgánico y precio de venta.

Especie	Costo de producción	Precio en Green Corner	Precio de venta
		\$	
Lechuga cortesana	7.54	24.50	19.60
Lechuga ruby sky	7.40	24.50	19.60
Lechuga starfighter	7.38	24.50	19.60
Albahaca	10.49	15.50	12.40
Cebollín	10.49	12.00	9.60
Perejil	10.49	11.00	8.80

Donde el cultivo de las lechugas es rentable, pero en el caso de las especies aromáticas en un inicio no es tan rentable ya que los costos de producción son un tanto elevados generando únicamente ganancias mínimas en la especie albahaca, mientras que en el caso del cebollín y perejil el valor de venta tendría que ser similar e incluso superior al del mercado para generar ganancias. En cultivos posteriores al propagar las plantas aromáticas por separación de matas, hacen que los costos de estas disminuyan, costando cada planta \$6.49, haciendo su cultivo más redituable.

7.10. Punto de equilibrio

Nos proporciona el volumen de producción o de ventas requerido para que el proyecto sea indiferente, es decir, que no genere pérdidas ni ganancias; en el cual se consideran los siguientes rubros calculados para el sistema de muros verdes:

Ingresos (utilidades o ganancias)

- Operacionales = \$ 756.00
- Otros ingresos = Ninguno
- *Total de ingresos* = \$756.00

Egresos (costos o gastos)

- | Costos fijos (trimestrales) | Costos variables (trimestrales) |
|---|---|
| • Salario = \$210.30 | • Materia prima e insumos = \$219.76 |
| • Servicios = \$178.20 | |
| • Depreciación = \$50.00 | |
| • <i>Total de costos fijos</i> = \$438.50 | • <i>Total de costos variables</i> = \$219.76 |

$$\begin{aligned}
 \text{Costos totales} &= (\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}) \times 10\% \\
 &= (\$438.50 + \$219.76) \times 10\% \\
 &= \$724.10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Saldo mensual} &= \text{ingresos} - \text{egresos} \\
 &= \$756.00 - 724.10 \\
 &= \$31.90
 \end{aligned}$$

Quedando una utilidad de \$31.90. Lo cual indica que el proyecto si es viable, aunque no se generen grandes utilidades, si es posible recuperar la inversión inicial; pudiendo aumentar dichas utilidades estableciendo una mayor superficie de cultivo.

Una vez realizado el estudio financiero se sustituyen los valores en la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248):

$$PE = \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de producción}}}$$

$$PE = \frac{\$438.50}{15.12 - \frac{\$219.76}{50}}$$

$$PE = \frac{\$438.50}{10.7248}$$

$$PE = 40.9$$

Donde el punto de equilibrio para el cultivo en el sistema de muros fue de 40.9, valor que indica que para evitar pérdidas o tener ganancias, se deben vender en promedio 41 plantas. Con base a este dato se deduce que la venta menor a este valor generaría pérdidas y una mayor producción y su venta por encima de este valor generaría ganancias.

En relación al sistema de macetas los rubros calculados son los siguientes:

Ingresos (utilidades o ganancias)

- Operacionales = \$ 756.00
- Otros ingresos = Ninguno
- *Total de ingresos* = \$756.00

Egresos (costos o gastos)

- | Costos fijos (trimestrales) | | Costos variables (trimestrales) | |
|------------------------------------|------------|--|------------|
| • Salario | = \$210.30 | • Materia prima e insumos | = \$227.76 |
| • Servicios | = \$178.20 | | |
| • Depreciación | = \$50.00 | | |
| • <i>Total de costos fijos</i> | = \$438.50 | • <i>Total de costos variables</i> | = \$227.76 |

$$\begin{aligned}
 \text{Costos totales} &= (\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}) \times 10\% \\
 &= (\$438.50 + \$227.76) \times 10\% \\
 &= \$732.89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Saldo Mensual} &= \text{ingresos} - \text{egresos} \\
 &= \$756.00 - 732.89 \\
 &= \$23.11
 \end{aligned}$$

Una vez realizado el estudio financiero se sustituyen los valores en la siguiente fórmula (Manual agropecuario, 2002: 241 y 248):

$$\begin{aligned}
 PE &= \frac{\text{Costos fijos totales}}{\text{Precio de venta} - \frac{\text{Costos variables totales}}{\text{Capacidad de producción}}} \\
 PE &= \frac{\$438.50}{15.12 - \frac{\$227.76}{50}} \\
 PE &= \frac{\$438.50}{9.5648} \\
 PE &= 45.9
 \end{aligned}$$

Donde el punto de equilibrio para el cultivo en el sistema de macetas fue de 45.9, valor que indica que para evitar pérdidas o tener ganancias, se deben vender en promedio 46 plantas. Con base a este dato se deduce que la venta menor a este valor generaría pérdidas y una mayor producción y su venta por encima de este valor generaría ganancias.

Proyección de flujo de fondos

Es una proyección que se hace con base a los ingresos y egresos para saber en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial.

En el sistema de muro verde de 2 m², se requieren de siete cosechas para recuperar la inversión inicial, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 42).

Para un sistema de 50 macetas se requiere de dos cosechas para recuperar la inversión inicial, generando ganancias a partir de esta cosecha (Cuadro 43).

En comparación con el sistema de muro, el sistema de macetas permite recuperar más rápidamente la inversión inicial (desde una segunda cosecha), debido a que no hay un gasto en la instalación del sistema.

Cuadro 42. Proyección de flujo de fondos para el sistema de muros verdes.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Instalación	1653.47							
Materiales	295.96							
Mantenimiento	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06
Total	2379.49	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06	430.06
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	-1623.49	325.94	325.94	325.94	325.94	325.94	325.94	325.94
Saldo final	-1623.49	-1297.55	-971.61	-645.67	-319.73	6.21	325.94	325.94

Cuadro 43. Proyección de flujo de fondos para el sistema de maceta.

	1ra cosecha	2da cosecha	3ra cosecha	4ta cosecha	5ta cosecha	6ta cosecha	7ma cosecha	8va cosecha
	\$							
▪ Egresos								
Materiales	343.21							
Mantenimiento	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06
Total	781.27	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06	438.06
▪ Ingresos								
Operacionales	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00	756.00
Saldo por cosecha	-25.27	317.94	317.94	317.94	317.94	317.94	317.94	317.94
Saldo final	-25.27	292.67	317.94	317.94	317.94	317.94	317.94	317.94

7.12 Requerimientos del cultivo

En el cuadro 44 se describen las formas de manejo agroecológico para cada uno de los diferentes cultivos. En relación al perejil, en el sistema de macetas la aplicación del biopreparado fue como correctivo ante la incidencia de plagas (áfidos) en una de las plantas; mientras que en el sistema de muro no hubo dicha incidencia, por lo cual no se aplicó ningún tipo de biopreparado a esta especie; en una de las plantas de lechuga, el sistema de muro presentó un gusano el cual se eliminó manualmente, mientras que el sistema de maceta no hubo presencia de plagas.

Cuadro 44. Manejo agroecológico para las diferentes especies bajo estudio durante el tercer experimento.

Hortalizas bajo estudio				
Nombre común	Lechuga	Albahaca	Cebollín	Perejil
Nombre científico	<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Ocimum basilicum</i> L.	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	<i>Petroselinum crispum</i> M.
Siembra	Indirecta: en cámara de incubación por semilla.	Directa: vegetativamente por separación de matas.	Directa: vegetativamente por separación de matas.	Directa: vegetativamente por separación de matas.
Luz	Abundante (indirecta) Cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso (6-8 horas al día).	Abundante (indirecta).	Abundante (indirecta).	Abundante (indirecta).
Riego	Abundante	Moderado a abundante	Moderado	Moderado
Biofertilización	+ Microorganismos eficientes diluidos (12 ml de ME en 500 ml de agua). Tres aplicaciones de manera foliar de 500 ml. La primera a los 45 días y posteriormente cada 15 días.	+ Microorganismos eficientes diluidos (12 ml de ME en 500 ml de agua). Tres aplicaciones de manera foliar de 500 ml. La primera a los 45 días y posteriormente cada 15 días.	+ Microorganismos eficientes diluidos (12 ml de ME en 500 ml de agua). Tres aplicaciones de manera foliar de 500 ml. La primera a los 45 días y posteriormente cada 15 días.	+ Microorganismos eficientes diluidos (12 ml de ME en 500 ml de agua). Tres aplicaciones de manera foliar de 500 ml. La primera a los 45 días y posteriormente cada 15 días.
Plagas presentes	Un gusano del alambre (<i>Agrotis lineatus</i>)	No hubo incidencia de plagas	No hubo incidencia de plagas	Afidos (<i>Mysus persicae</i>)
Control de plagas	Eliminación manual.	Ninguno.	Ninguno.	+ Biopreparado de jabón potásico. Se diluyo un trozo del jabón en agua aplicándolo con un cepillo.
Control de malezas	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.	Eliminación manual.

7.12 Monitoreo de las condiciones ambientales

• Variables microclimáticas evaluadas

La temperatura registrada durante el estudio, dentro de la unidad de producción fue mayor que la registrada fuera del sistema, mientras que la humedad relativa osciló entre 20.8-40.3% (Fig. 50).

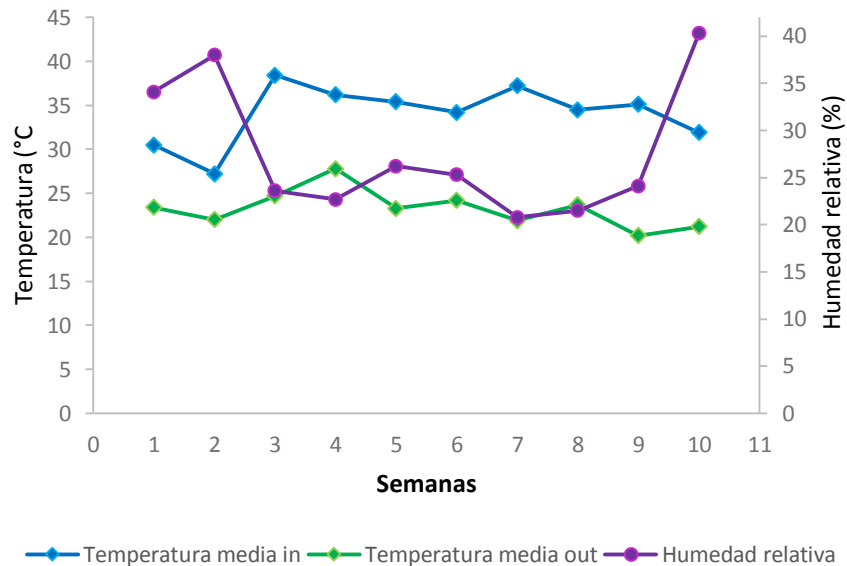


Figura 50. Temperaturas medias y humedad relativa registradas en la unidad de producción durante la época otoño-invierno (13/10/2014-18/10/2014).

La radiación solar total en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la captación de luz osciló entre 452-606 luxes, en el nivel medio entre 393-531 luxes y en el nivel inferior entre 280-490 luxes; mientras que en el sistema de maceta la captación fue de 440-521 luxes.

Registrándose dentro del sistema de muro, una mayor captación de luz en el nivel superior en comparación a la de los niveles medio e inferior. Mientras que en el sistema de maceta, la captación de luz estuvo dentro de los rangos registrados en el sistema de muro (Fig. 51).

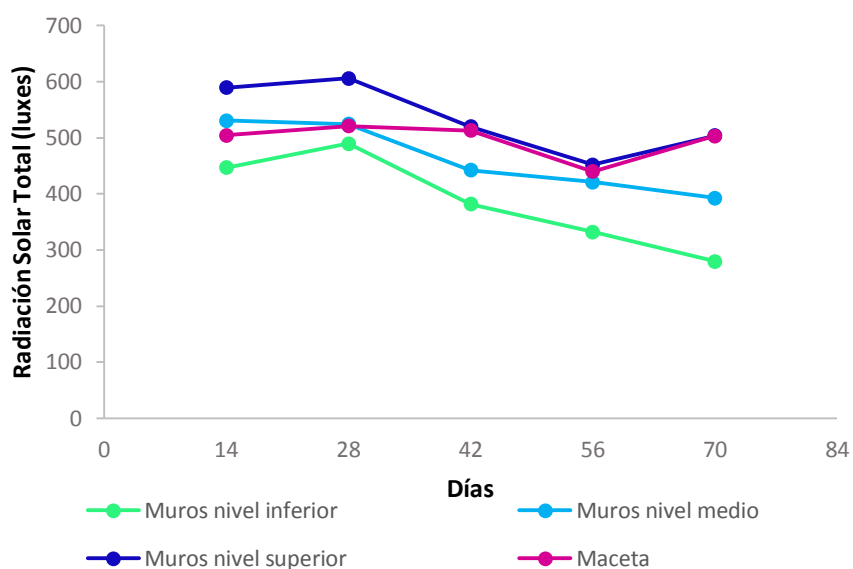


Figura 51. Radiación Solar Total (luxes) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época otoño-invierno (17/10/2014-12/12/2014).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el sistema de muro se tomó en base a tres niveles, en el nivel superior la longitud de onda registrada fue de 598-954 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel medio de 521-786 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, en el nivel inferior de 477-757 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; mientras que en el sistema de maceta la longitud registrada fue de 634-985 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Dentro del sistema de muro el nivel superior fue el que registro una mayor (PAR) en comparación a la observada en los niveles medio e inferior; sin embargo, al comparar los diferentes sistemas, la mayor (PAR) se reportó en la unidad de producción de maceta, con excepción del día 28 donde fue menor al registrado en nivel superior del sistema de muro (Fig. 52).

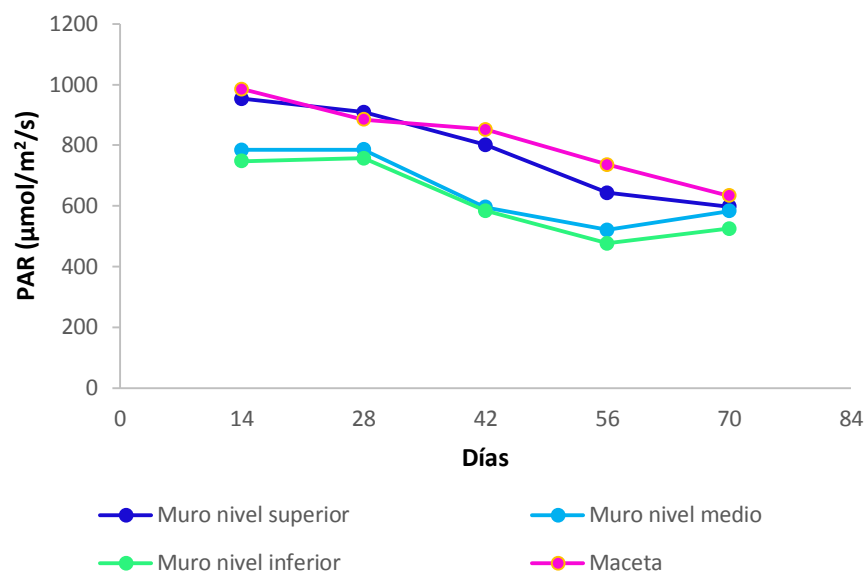


Figura 52. PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) registrada en cada uno de los sistemas de producción durante la época otoño-invierno (17/10/2014-12/12/2014).

Los valores de pH registrados al inicio del establecimiento del cultivo (en el sustrato) y durante el desarrollo las diferentes hortalizas (en la zona de la rizosfera) fueron ligeramente alcalinos en ambos sistemas de cultivo (Cuadro 35).

Cuadro 45. pH registrado en cada uno de los sistemas de cultivo a 23°C.

pH	Sistema de muro	Sistema de maceta
Sustrato (n=18)	7.57	7.57
Zona de la rizosfera (n=18)	8.27	8.15

Con base a los tres experimentos realizados, se generó un paquete tecnológico para el cultivo orgánico de cada una de las especies bajo estudio.

Paquete tecnológico con manejo orgánico del cultivo de lechuga en muros verdes.

Nombre común:	Lechuga.	Nombre científico:	<i>Lactuca sativa</i> L.
Tipo de cultivo:	Anual.	Época del cultivo:	Todo el año.
Tipo de siembra:	Indirecta por semilla ✚ En cámara de incubación ✚ En almácigo	Sustrato:	✚ Cámara de incubación (1 g agar en 100 ml agua) ✚ Almácigo (Bocashi, turba y lombricomposta en proporción 1:2:1).
Tiempo de emergencia:	Del día 3 hasta los 15 días posterior a su siembra.	Trasplante:	Cuándo presentan de 3 a 4 hojas verdaderas.
Tiempo a cosecha:	Del día 65 al 100.	Temperatura óptima:	Entre 15°C y 18°C.
Cantidad de luz:	Abundante (indirecta) Cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso (6-8 horas al día).	Riego:	Abundante (3 veces a la semana; hasta saturar el sustrato).
pH:	6.7 - 7.4	Tipo de suelo:	Ligeros, ricos en nutrientes y con buen drenaje.
Insumos biológicos aplicados durante el cultivo:	✚ Microorganismos Eficientes 3 aplicaciones de manera foliar de 250 ml /m ² . Aplicar a los 45 días y posteriormente cada quince días.	Fertilización:	✚ Lombricomposta 2 aporques de 25 g/planta. Aplicar a los 30 días y posteriormente a los 60 días. ✚ Lixiviado de lombricomposta diluido en agua en una concentración 1:10, 2 aplicaciones foliares de 275 ml/m ² Aplicar a los 45 días y posteriormente a los 75 días.
Plagas presentes en el cultivo:	✚ Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) ✚ Pulgón (<i>Mysus persicae</i>) ✚ Gusano del alambre (<i>Agriotes lineatus</i>).	Control de plagas y malezas:	✚ Biopreparado de caléndula 3 aplicaciones de manera foliar de 35 ml/ m ² . ✚ Biopreparado de higuierilla 2 aplicaciones de manera foliar de 45 ml/m ² . ✚ Las malezas y gusanos se eliminaron manualmente.
% de emergencia de las plántulas:	81-100% en almácigo 78-97% en cajas petri con agar.	Tasa de Crecimiento Relativo:	0.0027 – 0.0112 cm.día ⁻¹
% de supervivencia:	100%	Índice de Calidad de Dickson:	0.5 – 2.9
Altura promedio al momento de la cosecha:	5.5 - 19.1 cm	Índice de Cosecha.	25.4 – 72.2 %
Cobertura promedio al momento de la cosecha:	49.5- 411.3 cm ²	Rendimiento m²	3.0- 7.6 kg
Biomasa (peso fresco aéreo)	100 - 379.3 g	Costo de producción por planta	\$7.22 - \$8.05

Paquete tecnológico con manejo orgánico del cultivo de albahaca en muros verdes.

Nombre común:	Albahaca.	Nombre científico:	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Tipo de cultivo:	Anual.	Época del cultivo:	Todo el año pero de preferencia en primavera – verano.
Tipo de siembra:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Indirecta por semilla (en cámara de incubación o almácigo) ✚ Directa por semilla (en el lugar de siembra). ✚ Asexual (por división o separación de matas). 	Sustrato:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cámara de incubación (1 g agar en 100 ml agua) ✚ Almácigo (Bocashi, turba y lombricomposta en proporción 1:2:1).
Tiempo de emergencia:	Del día 4 hasta los 25 días posterior a su siembra.	Trasplante:	Cuándo presentan de 3 a 4 hojas verdaderas.
Tiempo a cosecha:	A los 100 días posteriores a su siembra se cosecha la planta completa o se comienzan a hacer podas cada 15 días (respetando 5 cm del tallo principal).	Temperatura óptima:	Entre 15°C y 25°C.
Cantidad de luz:	Abundante directa o indirecta (cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso 6-8 horas al día).	Riego:	Moderado en invierno y el resto de las estaciones abundante (3 veces por semana).
pH:	5.5 - 7.0	Tipo de suelo:	Sueltos, bien drenados, provistos de materia orgánica.
Insumos biológicos aplicados durante el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Microorganismos Eficientes 3 aplicaciones de manera foliar de 250 ml /m². Aplicar a los 45 días y posteriormente cada quince días. 	Fertilización:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Lombricomposta 2 aporques de 10 g/planta. Aplicar a los 30 días y posteriormente a los 60 días. ✚ Lixiviado de lombricomposta diluido en agua en una concentración 1:10, 2 aplicaciones foliares de 275 ml/m² Aplicar a los 45 días y posteriormente a los 75 días.
Plagas presentes en el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Hormigas Otras de las más comunes que no se presentaron son: ✚ Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) ✚ Pulgón (<i>Mysus persicae</i>) ✚ Trips (<i>Franquiinella occidentalis</i>) ✚ Gusano minador (<i>Liriomyza spp.</i>) 	Control de plagas y malezas:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Las hormigas Se eliminaron saturando de agua la maceta hasta inundarla varias veces. Las otras pueden ser tratadas con biopreparados de caléndula e higuierilla, con biopreparados de ajo y chile, con jabón potásico disuelto en agua o trampas cromáticas, los gusanos se quitan manualmente.
% de emergencia de las plántulas:	6 - 50%	% de supervivencia:	100%
Altura promedio (86-93 dds)	5.9 - 28.2 cm	Cobertura promedio (86-93 dds)	2.9 - 306.1 cm ²
Diámetro promedio (86-93 dds)	0.6 - 1.3 mm	Costo de producción por planta:	\$6.85 - \$10.33

Paquete tecnológico con manejo orgánico del cultivo del cebollín en muros verdes.

Nombre común:	Cebollín.	Nombre científico:	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
Tipo de cultivo:	Perenne.	Época del cultivo:	Primavera – Verano
Tipo de siembra:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Indirecta por semilla (en cámara de incubación o almácigo) ✚ Directa por semilla (en el lugar de siembra). ✚ Asexual (por división o separación de matas). 	Sustrato:	Almácigo (Bocashi, turba y lombricomposta en proporción 1:2:1).
Tiempo de emergencia:	Del día 4 hasta los 25 días posteriores a su siembra.	Trasplante:	Cuándo presentan de 10 a 15 cm de altura.
Tiempo a cosecha:	A los 70 días posteriores a su siembra se cosecha la planta completa o se comienzan a hacer podas cada 15 días (respetando 5 cm del tallo principal).	Temperatura óptima:	Entre 13°C y 28°C.
Cantidad de luz:	Abundante directa e indirecta (cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso 6-8 horas al día).	Riego:	Moderado (3 veces por semana).
pH:	6.0 – 7.0	Tipo de suelo:	Húmedos y ricos en nutrientes y humus.
Insumos biológicos aplicados durante el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Microorganismos Eficientes 3 aplicaciones de manera foliar de 250 ml /m ² . Aplicar a los 45 días y posteriormente cada quince días.	Fertilización:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Lombricomposta 2 aporques de 10 g/planta. Aplicar a los 30 días y posteriormente a los 60 días. <ul style="list-style-type: none"> ✚ Lixiviado de lombricomposta diluido en agua en una concentración 1:10, 2 aplicaciones foliares de 275 ml/m² Aplicar a los 45 días y posteriormente a los 75 días.
Plagas presentes en el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Ninguna. Algunas de las más comunes que no se presentaron son: <ul style="list-style-type: none"> ✚ Trips (<i>Franquiniella occidentalis</i>) ✚ Afidos (<i>Mysus persicae</i>) 	Control de plagas y malezas:	En caso de presentarlas pueden ser tratadas con biopreparados de caléndula e higuera, con biopreparados de ajo y chile, con jabón potásico disuelto en agua o trampas cromáticas.
% de emergencia de las plántulas:	57%	% de supervivencia:	94 - 100%
Altura promedio (86-93 dds)	21.7 – 49.0 cm	Cobertura promedio (86-93 dds)	579.7 cm ²
Diámetro promedio (86-93 dds)	0.6 – 0.9 mm	Costo de producción por planta:	\$6.85 - \$10.33

Paquete tecnológico con manejo orgánico del cultivo de perejil en muros verdes.

Nombre común:	Perejil chino.	Nombre científico:	<i>Petroselinum crispum</i> M.
Tipo de cultivo:	Bianual o bienal.	Época del cultivo:	Todo el año.
Tipo de siembra:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Indirecta por semilla (en cámara de incubación o almácigo) ✚ Directa por semilla (en el lugar de siembra). ✚ Asexual (por división o separación de matas). 	Sustrato:	Cámara de incubación (1 g agar en 100 ml agua) Almácigo (Bocashi, turba y lombricomposta en proporción 1:2:1).
Tiempo de emergencia:	Del día 8 a los 26 días posteriores a su siembra.	Trasplante:	Cuándo presentan de 3 a 4 hojas verdaderas.
Tiempo a cosecha:	A los 90 días posteriores a su siembra se cosecha la planta completa o se comienzan a hacer podas cada 15 días (respetando 5 cm del tallo principal).	Temperatura óptima:	A los 25°C.
Cantidad de luz:	Abundante directa e indirecta (cubriendo el cultivo con un techo de plástico blanco lechoso 6-8 horas al día).	Riego:	Moderado (3 veces por semana).
pH:	5.5 – 6.8	Tipo de suelo:	Permeables, con buen drenaje y ricos en nutrientes.
Insumos biológicos aplicados durante el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Microorganismos Eficientes 3 aplicaciones de manera foliar de 250 ml /m². Aplicar a los 45 días y posteriormente cada quince días. 	Fertilización:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Lombricomposta 2 aporques de 10 g/planta. Aplicar a los 30 días y posteriormente a los 60 días. ✚ Lixiviado de lombricomposta diluido en agua en una concentración 1:10, 2 aplicaciones foliares de 275 ml/m² Aplicar a los 45 días y posteriormente a los 75 días.
Plagas presentes en el cultivo:	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Pulgón (<i>Mysus persicae</i>) Algunas de las más comunes que no se presentaron son: ✚ Mosca minadora (<i>Phylophyla heraclei</i>) 	Control de plagas y malezas:	Los pulgones se eliminaron cepillando las hojas plagadas con una solución de jabón potásico disuelto en agua. La mosca puede ser tratada con biopreparados de caléndula e higuierilla, o trampas cromáticas.
% de emergencia de las plántulas:	12- 53%	% de supervivencia:	100%
Altura promedio (86-93 dds)	2.2 – 10.3 cm	Cobertura promedio (86-93 dds)	2.6 - 579.7 cm ²
Diámetro promedio (86-93 dds)	0.6 – 1.5 mm	Costo de producción por planta:	\$6.83 – 10.33

Rentabilidad económica del sistema de muros verdes con el manejo agroecológico de las seis especies bajo estudio.

Costo de instalación de un sistema de muro de 2 m²		\$2379.49 - \$2908.45
Índice Costo/ Beneficio inicial		0.3
Costo	Con remplazo de especies aromáticas	Sin remplazo de especies aromáticas
Mantenimiento	\$360.05 - \$430.06	\$300.46 – \$331.55
Por planta en general	\$7.20 - \$8.60	\$6.0 – 6.63
Índice Costo/Beneficio en la 2da producción	1.8 - 2.1	2.3 - 2.5

IX. Discusión

Programa de producción escalonada

La elaboración del programa de producción escalonada requirió del conocimiento del material vegetal (ciclo del cultivo, tipo de siembra, época de siembra, profundidad, tiempo de trasplante, tiempo de cosecha, requerimientos agroecológicos), las técnicas de cultivo, así como las variables que influyen en el crecimiento vegetal; esta información es necesaria para hacer un mejor uso del área de cultivo evitando tener espacios vacíos y en contraparte una producción continua.

CEMEDE-UNA (2010), recalca que producir diferentes hortalizas de forma escalonada en diferentes épocas del año y en forma continua, permite tener una mayor variedad de alimentos disponibles durante todo el año. Este concepto se fundamenta en formas de manejo como: la rotación de cultivos, el control de plagas y enfermedades, la asociación de especies, la producción en ambientes controlados, las condiciones ambientales y los requerimientos del cultivo (pág. 10).

En este estudio, la siembra escalonada permitió una disponibilidad de las diferentes hortalizas durante todo el año, lo cual fue posible gracias al manejo de especies de ciclos de vida distintos. De acuerdo a Guanche (2010), un adecuado manejo del cultivo puede propiciar un aceleramiento del ciclo del cultivo, generando mayor productividad e incluso una producción fuera de temporada (pág. 3).

Entre los beneficios generados al implementar un calendario de producción escalonada están: una mayor variedad y disponibilidad de alimentos durante todo el año de manera continua (para autoconsumo o venta), un mejor control de las cantidades de semilla a sembrar para evitar excedentes de producción, así como un mayor aprovechamiento del espacio y del tiempo, los cuales reducen los gastos del cultivo y generan un mayor rendimiento.

Agriculture & Land-Based Training Association (2012), señala que existen factores como: el cambio climático, la calidad del agua y la gestión de nutrientes los cuales influyen en la planificación, producción y rentabilidad de un cultivo (pág. 7).

Diseño del sistema de muro verde

En el diseño se consideraron los elementos utilizados en la instalación de muros (citados en la sección de resultados de este trabajo), así como los requerimientos empleados en la construcción de huertos, entre los que se encuentran: el tamaño, la forma, la luz, la orientación, el agua (riego), las hortalizas a cultivar así como sus exigencias nutricionales (sustrato) y la distribución de las especies dentro del sistema de cultivo (Orozco, 2014a: 17-35).

El sistema de muro fue de 2 m², los cuales se instalaron por separado, ya que es más práctico manipular los materiales de menor tamaño, pudiendo así adecuar este modelo a las necesidades de cada persona.

La forma establecida fue cuadrada, para aprovechar al máximo el espacio disponible; los sacos se confeccionaron de igual tamaño (19 x 17 cm) para todas las especies; sin embargo, durante los experimentos uno y dos se observó que en las variedades de lechuga, el espacio para el desarrollo de la raíz, era reducido; por lo que en el tercer experimento se colocaron sobre los sacos, botellas de PET forradas de plástico negro, para evitar la proliferación de algas y generar así un mayor espacio para el desarrollo radical. De acuerdo a Arizaleta y Pire (2008), utilizar recipientes de mayor tamaño genera un mayor crecimiento radical y aéreo (pág. 47).

El muro verde al ser de exterior (a cielo abierto), requirió la instalación de un sistema de sombreado, empleando para ello un plástico blanco lechoso. Ya que de acuerdo a Juárez *et al.* (2011), este tipo de cubiertas permiten proteger a los cultivos de granizadas, lluvias torrenciales y de la incidencia directa de luz regulando a su vez la cantidad y calidad de energía luminosa (pág. 24).

La orientación establecida en el primer experimento fue la NE (Orozco, 2014a: 25), el orientar un huerto de norte a sur, permite la incidencia de una buena cantidad de luz directa. Además que en estudios previos Juárez (2014) registró en esta orientación un mayor crecimiento y rendimiento en el cultivo de dos variedades de lechuga. En los experimentos posteriores (dos y tres) se cambió la orientación al NW, ya que las plantas en la orientación NE, presentaron amarillamiento en sus hojas como consecuencia de la falta de luz, generada por el crecimiento de un árbol y la sombra que proyectaba el invernadero que se encontraba a un costado. Tognoni y Alpi (1999), mencionan que cualquier variación en la cantidad, calidad espectral, dirección, duración y distribución temporal de la luz puede inducir a cambios en el desarrollo y salud de las plantas (pág. 80).

En los dos primeros experimentos el riego instalado en el sistema de muro fue por goteo, donde al ser un sistema de riego localizado, el agua es aplicada de manera lenta y continúa sobre la superficie del suelo a través de pequeños orificios emisores (goteros), lo cual hace más eficiente el uso del agua, reduciendo los costos asociados al riego; así como los de mano de obra (Santos *et al.*, 2010: 228-233).

Cabe señalar que en el primer experimento los orificios de salida de agua eran iguales para todas las especies bajo estudio, posteriormente debido al cambio de estación hubo un aumento de temperatura por lo cual, se tuvo la necesidad de incrementar la cantidad de riego principalmente en las tres variedades de lechuga, lo cual generó una afectación del área foliar, haciendo poco eficiente este tipo de sistema de riego. Otras de las desventajas de dicho sistema, son los altos costos de instalación y mantenimiento; sin embargo, cabe resaltar que es uno de los sistemas que ofrecen un mayor ahorro de agua (80-90%), pudiéndose adaptar a todo tipo de superficies y desniveles, además de que permite reducir la acumulación de sales, generando un incremento de la producción y calidad del cultivo (Cosechando Natural, 2015c).

En el tercer experimento, el sistema de riego por goteo se sustituyó por un riego de superficie, con la ayuda de una regadera, el cual no tiene un costo de instalación; pero requiere de mayor mano de obra.

Las hortalizas se seleccionaron por su alta demanda en el mercado y por ser especies de ciclos de vida diferentes (anual, bianual y perenne), con las cuales es posible mantener una producción anual continua (Díaz y Lagunes, 2015: 48). Además la diversificación de los sistemas de cultivo permite mantener la incidencia de plaga por debajo del nivel económico de daños (Córdoba y León, 2010: 122).

El sustrato del tercer experimento proporcionó una mejor porosidad y aireación a las raíces, así como también, un mejor balance nutrimental y control de plagas. Leonardo (2013), menciona que la utilización de sustratos ha modificado el manejo de los cultivos en relación a la utilización únicamente de suelo, teniendo una influencia directa sobre la calidad de las plantas (pág. 12).

La distribución de las especies en los muros fue al azar, para evitar sesgos en las variables de respuesta, sin embargo; el arreglo del tercer experimento, donde se intercala una variedad de lechuga y una especie aromática, permitió un mejor crecimiento en todos los cultivos.

Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia de las variedades de lechuga cultivadas en almácigo osciló entre 81-100%, mientras que el porcentaje de las cultivadas en agar fue de 78-97%. Siendo las variedades ruby sky y starfighter, las que presentaron los más altos porcentajes de emergencia en ambos sistemas de cultivo.

El cultivo en almácigo hecho de bocashi, turba y lombricomposta presentó la mayor emergencia en las lechugas, registrando 100% en las variedades ruby sky y starfighter en un lapso de 7 días y un 81% en la variedad cortesana a los 10 días.

Díaz y Lagunes (2015), reportan un porcentaje del 94% a los 10 días en cajas petri con agar bacteriológico (pág. 62). De la Cruz (2011), obtuvo en agrolita un porcentaje del 97% y en suelo un porcentajes del 81%, ambos a los 11 días (pág. 72), con lo cual podemos inferir que el sustrato utilizado en el almácigo es además de económico (en relación a la agrolita y al cultivo de agar), un sustrato apto para la emergencia de las semillas de lechuga en un menor tiempo.

Al comparar la emergencia de las tres variedades de lechuga, la variedad cortesana y starfighter presentaron una menor sensibilidad a la temperatura y la humedad; sin embargo, la variedad ruby sky tuvo una mayor afectación, lo cual generó una disminución del 9% de la emergencia de las semillas cultivadas en agar.

En las especies aromáticas el porcentaje de emergencia en almácigo para la albahaca y el perejil fue bajo (6 y 12%); mientras que en el cebollín fue del 57% a los 25 días, lo cual contrasta a lo obtenido por Lugo (2013) quien reporta que las semillas de cebollín emergen a los siete días (pág. 328).

La albahaca y perejil presentaron mayores porcentajes de emergencia en el cultivo en agar (albahaca 50% a los 22 días y perejil 53% a los 26 días). Para la especie albahaca, Márquez (2013) reporta porcentajes de emergencia del 97% con lombricomposta a los 15 días y del 74% sin lombricomposta a los 17 días (pág. 24 y 25), en ambos casos los resultados son superiores a los obtenidos en este trabajo. Posiblemente, los bajos porcentajes obtenidos pueden estar relacionados con la baja calidad de las semillas y el tipo de sustrato utilizado, sugiriendo para posteriores siembras el uso de lombricomposta.

De acuerdo a lo reportado por Almaraz (2011), el perejil chino alcanza un porcentaje de germinación del 44% a los 46 días (pág. 57); Díaz y Lagunes (2015) reportan un 68% de emergencia a los 43 días en un cultivo en almácigo, obteniendo en el presente estudio mayores resultados a los reportados por Almaraz (2011) e inferiores a los presentados por Díaz y Lagunes (2015), concluyendo que para esta especie el cultivo en agar permite reducir el tiempo de emergencia.

Cabe mencionar que las semillas adquiridas en la casa comercial Hydroenvironment son las que en este estudio, presentaron los más bajos porcentajes de emergencia, considerando que la calidad de la semilla es menor o que tiene un mayor tiempo de almacenaje, ya que todas las semillas utilizadas estuvieron sometidas a las mismas condiciones de cultivo.

Porcentaje de supervivencia

En general, el porcentaje de supervivencia registrado en ambos sistemas de cultivo a lo largo de los tres experimentos fue alto (87.5-100%), lo que indica un buen manejo de las especies.

Las tres variedades de lechuga sembradas en muro presentaron un porcentaje de supervivencia del 100% en los tres experimentos, mientras que en el sistema de maceta, hubo un 100% en la mayoría de los experimentos a excepción del dos donde se registró un 87.5% en las variedades ruby sky y starfighter, debido a que este sistema fue más vulnerable al ataque de insectos rastreros (hormigas y cochinillas) y a la alcalinidad del suelo consecuencia de la aplicación de enmiendas orgánicas, lo que provocó la marchitez de las plantas de menor tamaño. Greulich y Edison (1989), mencionan que con un pH muy alto o muy bajo algunos nutrientes pueden estar disponibles en forma excesiva y ser tóxicos, o tener poca disponibilidad provocando deficiencias, e incluso en ambos casos, generar que algunas especies se adapten a un pH inadecuado, restrinjan su crecimiento o mueran (pág. 390).

Díaz y Lagunes (2015) reportan un porcentaje de supervivencia en lechuga del 84%, para un sistema de cultivo de maceta (pág. 62), el cual es inferior a los resultados obtenidos en este estudio. Concluyendo así, que el sistema muro favorece la supervivencia de esta especie.

En las especies aromáticas, el porcentaje de supervivencia fue alto, entre 91-100%. El cebollín propagado por semilla, fue la única hortaliza que mostró una menor supervivencia; debido a que las plantas al estar menos desarrolladas son más susceptibles al trasplante, lo cual no sucede, cuando se propagan asexualmente.

Almaraz (2011), Díaz y Lagunes (2015), reportan el 100% de supervivencia en el perejil, lo cual coincide con el resultado obtenido en el presente estudio.

En el cultivo de albahaca y cebollín, los resultados del porcentaje de supervivencia obtenidos no pudieron ser contrastados con la literatura, debido a que esta variable no ha sido reportada (en albahaca), y a que no hay trabajos sobre esta especie (en cebollín); considerando que la mortandad que se presentó fue debido a enmiendas orgánicas, al exceso de humedad en el suelo y a la morfología de las plantas (hojas muy delgadas); ya que de acuerdo a Villegas *et al.* (2013) estos factores puede causar la pudrición basal de tallos y hojas (pág. 10).

Las especies albahaca, perejil y lechuga variedad cortesana no presentaron mortandad a lo largo de los tres experimentos, lo que nos hace suponer que son especies resistentes en comparación con el cebollín y las variedades de lechuga ruby sky y starfighter, quienes fueron más susceptibles a las condiciones de alcalinidad, debido a la aplicación de lixiviado de lombricomposta como enmienda orgánica y al agua utilizada para el riego, provocando mortandad en las plantas.

De acuerdo a Navarro *et al.* (2006) algunos de los factores que afectan la supervivencia de las plantas son: las condiciones ambientales, el manejo de la planta, su morfología y su fisiología, a lo que habría que añadir factores genéticos; así como la interacción de estos (pág. 3) lo cual se pudo corroborar en este trabajo ya que a pesar de establecer la misma forma de manejo para todas las especies, no todas presentaron la misma supervivencia, algunas de ellas se vieron afectadas por la morfología que presentaban (menor altura, cobertura o diámetro), siendo más susceptibles a las enmiendas orgánicas, a las variables ambientales prevaletentes en cada estación (temperatura, humedad y luz) y a la presencia de plagas.

Altura

La altura promedio registrada durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo (muro y maceta), en las tres variedades de lechuga (var. cortesana "LC", var. ruby sky "LR" y var. starfighter "LS") osciló entre 3.7-19.1 cm.

De la Cruz (2011), reporta en lechuga orejona alturas de 17 cm en vermiculita, de 14 cm en agrolita y 13.8 cm en suelo (pág. 73); Leonardo (2013) registra alturas que oscilan entre 3.7-17 cm en tierra y en un sustrato hecho de vermicomposta con agrolita y peat moss (pág. 37) y Juárez (2014) reporta alturas de 20-26 cm en agrolita y tezontle (pág. 38).

De acuerdo a la literatura, el tamaño de las lechugas en general, oscila entre 3.7-26 cm; sin embargo, es importante señalar que las alturas citadas por Juárez (2014) y De la Cruz (2011) fueron en cultivos hidropónicos, con la aplicación de soluciones nutritivas, mientras que las referidas por Leonardo (2013), corresponden a un manejo orgánico; siendo los resultados obtenidos en este estudio similares a los referidos por Leonardo y De la Cruz e inferiores a los registrados por Juárez.

Cada experimento realizado en este trabajo, presentó ciertas limitantes, las cuales influyeron en la morfología de las diferentes hortalizas bajo estudio.

En el experimento uno en la variable altura, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las variedades de lechuga de cada uno de los sistemas en particular (muro y maceta); en relación al sistema, no fue posible realizar la comparación estadística debido a que se emplearon diferentes formas de manejo; en el sistema de muro se maneja un tamaño de bolsa de 18 x 18 con 470 g de sustrato, mientras que en el sistema de maceta el tamaño de bolsa fue de 25 x 25 con 1,640 kg de sustrato, tres veces más del empleado en muro; lo cual generó mayores alturas en este sistema.

Arizaleta y Pire (2008), mencionan que en bolsas de propagación más grandes, la capacidad de reserva de agua y nutrientes es mayor, propiciando un mejor desarrollo aéreo y radical, pero que los costos de producción aumentan, concluyendo que el tamaño de la bolsa y la cantidad de sustrato es un factor determinante que influye en la morfología y fisiología de cualquier especie (pág. 48), lo cual se comprobó con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En el segundo y tercer experimento se realizó una comparación estadística entre las variedades de cada uno de los sistemas, entre los sistemas de cultivo y la interacción de ambos, obteniendo en el experimento dos, diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) tanto a nivel de variedad como de sistema; mientras que en el experimento tres las diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción de ambos factores (variedad y sistema).

En el experimento dos las variedades LC y LR presentaron mayores alturas en ambos sistemas, en relación al sistema de cultivo, el de muro presentó mejores resultados para esta variable. El menor crecimiento en la variedad LS puede deberse a que durante este experimento la temperatura aumentó y la humedad disminuyó en relación al experimento anterior, por lo que esta variedad podría ser más sensible que las otras dos a este tipo de factores, además que se presentó como limitante durante este experimento la alcalinidad en el sustrato con un pH de 9.8 en el sistema de muro y de 9.5 en el sistema de maceta. De acuerdo con Cruz (2006) el pH del suelo afecta significativamente la disponibilidad de nutrimentos para las plantas y para los microorganismos (pág. 42), alterando las cantidades y balances de nutrimentos o sustancias químicas presentes en el suelo, lo cual se traduce en deficiencias nutrimentales o toxicidades que influyen negativamente sobre el crecimiento de las plantas cultivadas. De acuerdo a Mundo (2013), el pH óptimo para la lechuga oscila entre 6.7-7.4, por lo que se deduce que este factor influyó en la disminución de la altura en todas las variedades de lechuga, siendo estas inferiores a las de los otros dos experimentos (pág. 121).

Otra de las limitantes en este experimento fue el arreglo al azar de las plantas en los diferentes niveles del muro, lo cual repercutió también sobre las variables de respuesta ya que se observó un mejor desarrollo en las plantas que se encontraban en los niveles superiores, las cuales al crecer produjeron una mayor sombra, generando que las plantas de lechuga que se encontraban en el nivel inferior comenzaran a alargarse por la falta de luz.

De acuerdo a Orozco (2014a), la luz es un factor determinante en el desarrollo y salud de las plantas, donde la intensidad, la duración, las estaciones del año y la calidad tienen influencia sobre la tasa de fotosíntesis (pág. 19). La mayor parte de las plantas agrícolas, necesitan de seis o más horas de luz solar, para tener un rendimiento productivo, cuanto mayor sea la exposición bajo sombra, menor será su crecimiento y rendimiento, lo cual se manifiesta en las plántulas cuando comienzan a crecer y generar sombra una sobre otra, ocasionando la prolongación de los tallos y la disminución del tamaño de las hojas en respuesta a la baja intensidad de luz (Parker, 2000: 166).

En el experimento tres, la variedad LC del sistema de muro no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) con la variedad LR del mismo sistema, pero si con el resto de las variedades de los sistemas de muro y maceta, debido a la interacción entre el factor variedad y sistema, esta diferencia pudo haber respondido a diversos factores como la época de siembra y al espacio generado para el desarrollo radical, ya que a pesar de tener la misma cantidad de sustrato (670 g), las especies del sistema de muro se sembraron en botellas de PET de 18 cm de profundidad y 8 cm de diámetro, generando plantas con mayor altura a las establecidas en el sistema de maceta donde las bolsas de vivero eran de 18 x 18 cm, con una menor profundidad (14.0 cm) pero un mayor diámetro (11 cm). Hernández y Jiménez (2003), mencionan que cuando se cultiva en un contenedor, las características de este resultan decisivas en el crecimiento de la planta ya que se produce una interacción entre las características del contenedor como la altura, el diámetro y el manejo de la combinación planta-sustrato (pág. 14).

En relación a las especies aromáticas, durante el experimento uno y dos, no se realizaron comparaciones estadísticas, debido a que la forma de manejo en cada sistema fue diferente, mientras que en el experimento tres si se realizó el análisis estadístico comparando ambos sistemas de cultivo. Es importante resaltar que estas especies fueron menos susceptibles a los factores limitantes presentes en cada experimento.

La altura promedio registrada en albahaca durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo (muro y maceta), fue de 2.7-28.2 cm.

En el tercer experimento no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los dos sistemas de cultivo.

Hernández (2013), reporta para la albahaca, alturas con diferentes tratamientos (vermicomposta y micorrizas) que oscilan entre 26-31 cm, las cuales son similares a las obtenidas en este trabajo e incluso ligeramente superiores

La altura promedio registrada en cebollín durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo, fue de 19.3-60.3 cm; sin embargo, esta no pudo ser contrastada con la literatura debido a que no se han reportado trabajos sobre este cultivo.

La altura promedio registrada en perejil durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo, fue de 1.1-10.3 cm. Almaráz (2011), reporta alturas en perejil de 5.0-8.6 cm, donde los resultados obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a estos, cuando la propagación se realizó por semilla, y superiores cuando se hizo por propagación asexual.

En el cebollín y perejil durante el tercer experimento se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), siendo mejor el crecimiento de estas especies en el sistema de muro, debido al microclima que se generó en los diferentes niveles, lo cual se reflejó en un sustrato con mayor humedad al del sistema de maceta.

Es importante enfatizar que el establecimiento y crecimiento de las especies aromáticas, es más rápido cuando se propagan de manera asexual (por separación de matas), ya que cuando se siembran por semilla el crecimiento y periodo de establecimiento son más lentos.

Cobertura

La cobertura promedio registrada durante los tres experimentos en las diferentes variedades de lechuga osciló entre 28.9-411.3 cm².

De la Cruz (2011), reporta coberturas en lechuga orejona que oscilan entre 163-175 cm² en diferentes sustratos (agrolita, vermiculita y suelo) (pág. 74); Juárez (2014) para la misma variedad reporta coberturas de 150-430 cm² (en agrolita y tezontle) (pág. 45), el menor promedio registrado en este estudio se obtuvo en plantas donde el pH del sustrato fue altamente alcalino (9.5-9.8), siendo inferior a los reportados por estos autores; sin embargo, el mayor promedio obteniendo resultó superior al citado por De la Cruz (2011) y similar al citado por Juárez (2014).

En el experimento uno no se registraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las variedades de cada uno de los sistemas en particular, a nivel de sistema estadísticamente no se realizó la comparación debido a que se utilizaron diferentes formas de manejo las cuales influyeron en el desarrollo aéreo; sin embargo, es importante resaltar que las mejores coberturas fueron las del sistema de maceta, donde se emplearon bolsas mas grandes, las cuales aportaron mayor reserva de nutrientes y agua, generando un mejor crecimiento de la planta. De acuerdo a Tognoni y Alpi (1999), el desarrollo del área foliar está asociado con la actividad fotosintética, pues el área foliar es sinónimo de potencial fotosintético de la planta (pág. 67); Gardner *et al.* (1985) menciona que a medida que el área foliar se desarrolla, la radiación interceptada por las hojas se incrementa, siendo esta radiación inferior durante la etapa de plántula, la cual aumenta a lo largo de su desarrollo (pág. 2).

En el segundo y tercer experimentos se realizó una comparación estadística entre las variedades de cada uno de los sistemas, entre los sistemas de cultivo y la interacción de ambos, obteniendo en el experimento dos, diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) tanto a nivel de variedad como de sistema; mientras que en el experimento tres las diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción de ambos factores (variedad y sistema), con comportamientos similares a los reflejados en la variable altura y con las mismas limitantes las cuales influyeron en la morfología de las plantas.

En el experimento dos las variedades LC y LR presentaron mejores alturas, a nivel de sistema el muro presentó mejores resultados en esta variable.

En el experimento tres la variedad LC del sistema de muro presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) con las variedades LC, LR y LS del sistema de maceta, lo cual indica que entre las variedades del mismo sistema no hubo diferencias, esto pudo deberse a que durante este experimento a pesar de que ambos sistemas presentaban la misma cantidad de sustrato, la diferencia de altura y diámetro de las macetas generaron un diferente desarrollo en cada sistema. Se observó una mejor cobertura en las plantas del sistema de muro donde el diámetro de la maceta era menor pero con una mayor profundidad.

Además, las plantas al desarrollar una mayor área foliar, incrementan su tasa fotosintética, como una respuesta directa a la luz, traslocando un mayor contenido de carbohidratos a todos sus órganos, generando una mayor producción de biomasa fresca y seca de la parte aérea y radical.

Gil y Miranda (2007) mencionan que la absorción de la luz incidente sobre un cultivo también depende de la amplitud de la superficie foliar, de la disposición de las hojas y de la especie a cultivar, ya que especies diferentes absorben distintas cantidades de fotones, aun con la misma área foliar (pág. 143).

Cárdenas *et al.* (2004), hacen hincapié en que el rendimiento final del cultivo depende de la disponibilidad de nutrientes, la luz, la temperatura, la humedad relativa, la variación espacial y temporal, lo cual en determinado momento puede dar óptimos rendimientos y en otra época, generar resultados inferiores.

Barroso y Jerez (2002) coinciden en que la fecha de siembra repercute sobre el ciclo biológico de las especies, y que este se ve influenciado por la radiación solar y los factores antes citados por Cárdenas *et al.* (2004,) determinando la morfología de las plantas (pág. 46), lo cual se corroboró a lo largo del estudio, donde los requerimientos de las especies fueron diferentes en cada época de cultivo.

En las especies aromáticas, durante el experimento uno y dos solo se calcularon los promedios para esta variable de respuesta, debido a que la forma de manejo en cada sistema fue diferente, mientras que en el experimento tres se realizó el análisis estadístico comparando ambos sistemas de cultivo.

La cobertura promedio registrada en albahaca durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo, fue de 2.9-306.1 cm².

En el tercer experimento no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre los dos sistemas de cultivo.

Márquez (2013) reporta en albahaca coberturas de 18.5-23.5 cm² con y sin la aplicación de lombricomposta, donde menciona que las mejores coberturas son las obtenidas con el tratamiento orgánico (pág. 28); obteniendo resultados superiores al registrado en los experimentos dos y tres de este trabajo, donde la cobertura fue de 32-306.1 cm², e inferiores a las reportadas durante el experimento uno que fueron de 2.9-4.6 cm².

En cebollín, solo se midió esta variable durante el tercer experimento donde la planta fue propagada por separación de matas, la cual no presentó diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre los sistemas de cultivo; sin embargo, esta no pudo ser contrastada con la literatura ya que no se han reportado trabajos sobre este cultivo.

La cobertura promedio registrada en perejil durante los tres experimentos, en ambos sistemas de cultivo, fue de 0.8-95.2 cm², la cual no pudo ser contrastada con la literatura debido a que no se han reportado estudios sobre esta variable de respuesta.

En el tercer experimento, la variable cobertura de las diferentes especies aromáticas no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre los sistemas de cultivo, considerando cualquiera de los dos sistemas aptos para el cultivo de este tipo de plantas, obteniendo rendimientos similares.

En las especies aromáticas la poda de la parte apical de la planta, permitió una mayor generación de yemas laterales y una prolongación en la cosecha de las hojas, evitando que se formen anticipadamente los racimos florales en el extremo de las ramas, concentrando las sustancias aromáticas en las hojas y brotes tiernos, y no en la formación de las flores (Goites, 2008: 30). La cosecha de la planta o parte de esta se lleva a cabo por la mañana en un lugar con sombra, ya que el sol fuerte facilita la volatilización de los aceites esenciales y demás sustancias que producen el aroma (Zoppolo *et al.*, 2008).

Diámetro

Esta variable de respuesta se calculó en las tres especies aromáticas propagadas a partir de semilla, durante los experimentos uno y dos, obteniendo solo los promedios para esta variable debido a que la forma de manejo en cada sistema de cultivo (muro y maceta) fue diferente. En el experimento tres, no fue posible medir esta variable ya que las especies propagadas por separación de matas presentaban varios tallos (albahaca y perejil) y hojas (en cebollín).

El diámetro promedio registrado en albahaca durante estos dos experimentos, en ambos sistemas de cultivo fue de 0.6-1.3 mm, mientras que el registrado en cebollín en ambos sistemas de cultivo fue de 0.6-1.6 mm.

Es importante resaltar que para ambas especies, el diámetro, no pudo ser contrastado con la literatura ya que no se han citado trabajos sobre esta variable (en albahaca), o reportado estudios sobre esta especie (en perejil).

El diámetro promedio registrado en perejil durante estos dos experimentos, en ambos sistemas de cultivo, fue de 0.4-1.5 mm. Almaraz (2011) reporta diámetros en perejil que oscilan entre 0.2-0.6 mm (pág. 60), obteniendo resultados similares e incluso superiores al citado por este autor.

En el presente estudio las especies aromáticas actuaron como plantas acompañantes para el control de plagas y enfermedades; sin embargo, es importante la observación frecuente del cultivo para la prevención de estas mismas.

Berdonces (2001), señala que las especies aromáticas tienen usos de tipo medicinal y como condimento (pág. 5). Dentro del ámbito de la agricultura ecológica Ramón y Rodas (2007) mencionan que se emplean en el manejo agroecológico de plagas y enfermedades actuando como plantas trampa, acompañantes y repelentes (págs. 15 y 16), además; se utilizan para la elaboración de biopreparados, los cuales ayudan a controlar e incluso eliminar algunas deficiencias, plagas y enfermedades presentes en diversos cultivos (Nuñez y Vátovac, 2006: 29).

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

La TCR promedio registrada durante los tres experimentos en las variedades de lechuga fueron de 0.0006-0.016 cm.día⁻¹. Romero (2013) reporta en lechuga, una TCR que va de 0.020-0.031 cm.día⁻¹ (pág. 48); Juárez (2014) reporta únicamente que no hay diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) en las tasas de crecimiento de la lechuga orejona bajo un cultivo hidropónico; sin embargo, no se muestran los valores obtenidos. Siendo los resultados del presente estudio inferiores a los reportados por Romero (2013), con lo cual se destaca que el crecimiento en altura de las diferentes variedades de lechuga bajo estudio fue menor por unidad de tiempo en ambos sistemas de cultivo a los referidos en la literatura.

En el experimento uno se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las variedades LC y LR de cada uno de los sistemas en particular, a nivel de sistema estadísticamente no se realizó la comparación debido a que se utilizaron diferentes formas de manejo las cuales influyeron en el desarrollo de las plantas; es importante mencionar que las mejores TCR se obtuvieron en el sistema de maceta, donde se empleo un tamaño de bolsa mayor que generó mayor reserva de nutrientes y agua dando como resultado un mejor crecimiento de la planta por unidad de tiempo.

En el segundo y tercer experimento se realizó una comparación estadística entre las variedades de cada uno de los sistemas, entre los sistemas de cultivo y la interacción de ambos, obteniendo en ambos experimentos diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) tanto a nivel de variedad como de sistema.

En el experimento dos la variedad LC presentó mejores TCR, a nivel de sistema el de maceta mostró mejores resultados en esta variable. Con lo cual se deduce que la variedad LC es una especie más resistente al aumento de temperatura y disminución de humedad presentes en el cultivo durante la estación de verano-otoño, además de ser menos susceptible que las otras dos variedades a la alcalinidad del sustrato, presentando un mejor crecimiento. En relación al sistema el más funcional fue el de maceta, donde las plantas al recibir la misma cantidad de luz mostraron un crecimiento homogéneo en comparación con las del sistema de muro donde las plantas presentaban una elongación del tallo posiblemente debido a que recibían diferentes cantidades de luz de acuerdo al nivel en el que se encontraban, además de que la distribución al ser al azar, género que algunas de las lechugas quedaran juntas, las cuales al crecer y aumentar su cobertura proyectaban sombra impidiendo la incidencia de luz sobre las otras especies.

Ayala *et al.* (2011), mencionan que la TCR disminuye cronológicamente, pero crece linealmente al aumentar la radiación fotosintética incidente; y con las altas temperaturas, manteniéndose constante hasta un determinado momento a partir del cual declina causando el cese del crecimiento (pág. 137).

En el experimento tres la variedad LR presentó la mejor TCR en ambos sistemas de cultivo, a nivel de sistema los mejores resultados se obtuvieron en el sistema de muro. Las mejores TCR reportadas, pueden estar relacionadas con el sustrato, la estación de siembra y el abono utilizado ya que en los experimentos anteriores el mejor crecimiento se reportó en la variedad LC, cambiando durante este experimento dicho comportamiento. En relación al sistema el más funcional fue el de muro, gracias a que se modificó la distribución de las especies, intercalando las plantas aromáticas y las lechugas para evitar que la sombra generada por una impidiera el óptimo desarrollo de las otras.

Es importante resaltar que durante el experimento tres se obtuvieron las mayores TCR en todas las especies en comparación con el experimento dos, donde las especies comenzaban a disminuir su altura al final del cultivo.

Romero (2013) menciona que una vez que las plantas alcanzan su máximo desarrollo y por tanto una mayor altura, las TCR disminuyen, llegando incluso a cero (pág. 37).

Ayala *et al.* (2011) mencionan que otros factores que pueden influir en la reducción del crecimiento son el estrés hídrico o las altas radiaciones, las cuales se pueden reducir con el empleo de cubiertas plásticas; sin embargo, estas también pueden modificar el efecto del ambiente en el desarrollo de las plantas, produciendo cambios en la temperatura del aire, humedad relativa y nivel de radiación afectando el crecimiento de las plantas (págs. 130 y 138), lo cual se comprobó en los diferentes sistemas utilizados a lo largo de los tres experimentos.

Gil y Miranda (2007) concluyen que la TCR es un parámetro de crecimiento muy sensible a las condiciones climáticas donde se desarrolla un cultivo (pág. 147), lo cual se corroboró con el presente estudio donde se obtuvieron resultados diferentes de acuerdo a la época del año (condiciones climáticas diversas), añadiendo que dicha tasa de crecimiento también se ve afectada por las formas de manejo de cada cultivo (tipo de sustrato, forma de riego y biofertilización).

Índice de Cosecha (IC)

El IC promedio registrado durante los tres experimentos en las diferentes variedades de lechuga osciló entre 25.4- 72.2%.

Es importante resaltar los mejores valores de IC, se obtuvieron bajo el sustrato y el manejo agroecológico en el tercer experimento.

Romero (2013), reporta un IC del 90-95% en lechugas cultivadas en camas biointensivas en diferentes fases lunares (pág. 42), comparando con nuestros resultados se observó que estos fueron menores a los reportados por Romero (2013).

Es importante resaltar que este índice representa la relación en porcentaje de la biomasa fresca de la parte comestible y la biomasa total de la planta. Gardner *et al.* (1985), mencionan que la biomasa total de un cultivo depende de la acumulación neta del CO² asimilado durante todo el ciclo de crecimiento, y que esta es a la vez el resultado de la absorción de la radiación solar. Cuando las plantas se producen a partir de semilla el área foliar inicial es pequeña, generando que gran parte de la radiación solar sea absorbida por la superficie del suelo, conforme la planta se desarrolla aumenta su área foliar, generando un mejor aprovechamiento de la radiación solar. Sin embargo, existen prácticas agronómicas tales como la fertilización, altas densidades de siembra y un mejor arreglo espacial de las plantas, que ayudan a acelerar la cobertura del suelo e incrementar la intercepción de luz y con ello el contenido de biomasa (págs. 1 y 2).

En el experimento uno, el IC presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las tres variedades de lechuga en el sistema de muro, mostrando la variedad LR los valores mas altos, mientras que en el sistema de maceta no se observaron diferencias ($p \geq 0.05$) entre variedades; a nivel de sistema estadísticamente no se realizó la comparación debido a que se utilizaron diferentes formas de manejo las cuales influyeron en el desarrollo aéreo (biomasa acumulada).

En el segundo y tercer experimento, se realizó una comparación estadística entre las variedades de cada uno de los sistemas, entre los sistemas de cultivo y la interacción de ambos, obteniendo en el experimento dos, diferencias estadísticas significativas a nivel de interacción entre los factores variedad y sistema; mientras que en el experimento tres, no se registraron diferencias.

En el experimento dos, la variedad LC del sistema de muro presentó un IC más alto ($p \leq 0.05$) al de las variedades LC y LR del sistema de maceta.

En el experimento tres no se presentaron diferencias estadísticas a nivel de variedad, de sistema, ni de interacción, lo cual nos indica que para la comercialización se pueden obtener rendimientos similares cultivando cualquiera de las tres variedades de lechuga, sin importar el sistema de cultivo.

Los resultados tan contrastantes en cada uno de los experimentos, están en relación a las diferentes formas de manejo empleadas en cada cultivo como, el uso de diferentes sustratos, abonos, riego, tamaño de la maceta o espacio para el desarrollo radical, así como las diferentes estaciones del año.

Cabe destacar que casi no existen estudios donde se calcule el IC para las hortalizas; sin embargo, en la presente investigación se demostró que puede servir para la elección de variedades o especies más rentables en la agricultura.

Índice de Calidad de Dickson (ICD)

El ICD promedio registrado durante los tres experimentos en las diferentes variedades de lechuga presentó valores entre 0.2-6.8.

De acuerdo a Rodríguez (2008), citado por Romero (2013), el índice de Dickson integra el cociente morfológico (raíz-vástago), el cociente de esbeltez (altura-cobertura) y biomasa (aérea y radical), donde las especies que muestran los mayores valores indican una mejor respuesta de las variables descritas (pág. 39).

En el experimento uno se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las tres variedades del sistema de muro, siendo las variedades LC y LS las que presentaron un mejor índice; mientras que en el sistema de maceta no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las variedades bajo estudio.

A nivel de sistema, no se realizó la comparación estadística, sin embargo, es importante resaltar que los mayores valores para este índice se obtuvieron en el sistema de maceta, como resultado del empleo de bolsas de mayor tamaño con más cantidad de sustrato y espacio para el desarrollo radical.

En el segundo y tercer experimento se realizó una comparación estadística entre las variedades de cada uno de los sistemas, entre los sistemas de cultivo y la interacción de ambos.

En el experimento dos, se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) a nivel de sistema donde los mejores resultados se reportaron en el sistema de muro, debido al espacio en profundidad generado por la incorporación de botellas de PET, permitiendo un mejor desarrollo radical el cual reflejó también un mejor desarrollo aéreo. El sistema de maceta a pesar de tener la misma cantidad de sustrato al sistema de muro, generó plantas con un menor crecimiento, esto debido al poco espacio en longitud para el desarrollo radical lo cual repercutió en el crecimiento aéreo de la planta y la relación entre varios parámetros morfológicos.

Cabe señalar que en el sistema de maceta, al haber un mayor diámetro en las bolsas el espacio de exposición a la radiación fue mayor al del sistema de muros, provocando en el sustrato una mayor pérdida de humedad en un menor tiempo; mientras que en el sistema de muro el uso de botellas con mayor profundidad, permitió reducir la cantidad de riego aplicada a los cultivos y conservar por más tiempo la humedad en el sustrato.

En el experimento tres, las diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción entre los factores variedad y sistema, siendo las variedades LC y LS del sistema de muro las que presentaron una mejor distribución de los coeficientes evaluados, considerándose como especies con mejor vigor para su cultivo.

Diversos autores indican que el índice de Dickson es un buen indicador para comparar la potencialidad de las plantas. Según Oliet (2000) citado por Krüger (2007), menciona que lo deseable es que la planta alcance los máximos valores en el índice de Dickson, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical estén equilibradas (pág. 28).

Juárez (2011), señala que este índice muestra el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor (pág. 36).

Biomasa

En promedio la biomasa peso fresco de la parte radical en las tres variedades de lechuga dentro del sistema de muro fue de 29.6-187.1 g por planta; mientras que en el sistema de macetas osciló entre 35.2-278.6 g por planta.

Durante el primer experimento se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en el sistema de muro, siendo la variedad LC la que presentó mayores pesos frescos radicales; mientras que en el sistema de maceta no se registraron diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$).

En el segundo experimento las diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción del factor variedad y sistema, presentando una mayor biomasa radical las variedades LC y LS de ambos sistemas de cultivo (muro y maceta).

En el experimento tres las diferencias ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción de ambos factores donde la variedad LS de ambos sistemas y la variedad LC del sistema de muro fueron las que presentaron valores más altos para esta variable.

Sin embargo, los resultados no pudieron ser contrastados con la literatura debido a que no hay estudios que contemplen esta variable. Arizaleta y Pire (2008) mencionan que la importancia de la longitud y biomasa de la raíz está en relación a su capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo cual influye directamente sobre el crecimiento de la parte aérea de la planta (pág. 53).

El promedio de biomasa peso fresco de la parte aérea de las tres variedades de lechuga dentro del sistema de muro osciló entre 100-357.3 g por planta; mientras que en el sistema de maceta fue de 72.8-501.5 g por planta.

En los tres experimentos realizados, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las diferentes variedades, pudiendo seleccionar cualquiera de estas para el cultivo obteniendo óptimos rendimientos.

A nivel de sistema se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en los experimentos dos y tres, presentando el sistema de muro mejores resultados de peso fresco de la parte aérea, lo cual indica que es un sistema apto para el cultivo.

El promedio de biomasa peso seco de la parte aérea de las tres variedades de lechuga osciló entre 1.4-4.8 g por planta; mientras que en el sistema de maceta fue de 0.4-5.7 g por planta.

En el primer experimento no se registran diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) en ninguno de los sistemas de cultivo.

En el experimento dos las diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) fueron a nivel de sistema obteniendo un mejor valor de materia seca en el sistema de muro.

En el experimento tres las diferencias ($p \leq 0.05$) fueron por la interacción del factor variedad y sistema presentando mejores valores de masa seca las variedades LC y LS del sistema de muro.

Sin embargo, estas variables no pudieron ser contrastadas con la literatura ya que no se reportan estudios previos; pero cabe resaltar que el peso fresco es un parámetro importante que podría servir al agricultor, para la selección de la variedad a cultivar; mientras que el peso seco es un indicador del contenido total de carbono y nutrientes en la planta, esto es el resultado de la eficiencia con la que el cultivo interceptó y utilizó la radiación solar disponible durante la estación de crecimiento.

En relación al contenido de biomasa, Valdivia *et al.* (1999), señalan que existe una correlación entre la acumulación de materia seca y la radiación interceptada (pág. 132), mientras que Sigala (2009) añade que plantas con un mayor peso tienen una mejor eficiencia fisiológica y un mejor crecimiento, siempre y cuando exista un buen balance entre la parte aérea y la raíz (pág. 10).

Rendimiento.

El rendimiento total registrado en las tres variedades de lechuga dentro del sistema de muro fue de 3.0-7.6 kg.m²; mientras que en el sistema de macetas osciló entre 2.0- 10.8 kg.m², dependiendo del tamaño de la maceta.

El mayor rendimiento de las lechugas en muro, fue en el experimento tres, resultando un 51% mayor al del experimento uno y un 61% más alto al obtenido en el experimento dos. En relación a las lechugas de maceta, el rendimiento del primer experimento fue mayor en un 82% al del segundo experimento y en un 63% al del tercer experimento. Romero (2013), reportó un rendimiento de 2.2-3.2 kg.m² en un cultivo de lechuga sembrado durante diferentes fases lunares en una cama biointensiva (pág. 53), estos resultados son en su mayoría menores a los obtenidos en este trabajo en el sistema de muro, esto comprueba que éste sistema ofrece altos rendimientos, si se lleva a cabo un buen manejo.

Por otro lado Romero (2013), menciona también que existen factores que determinan un mayor rendimiento como son: las horas luz recibidas durante todo el cultivo, las labores culturales, la preparación del suelo, la época de siembra, densidad y geometría de la siembra, fertilización, cultivo bajo cubierta, etc. (pág. 41), lo cual se comprobó en este estudio.

Rentabilidad

El costo de inversión para la instalación de un sistema de muro verde de 2 m² en el presente estudio fue de \$2419.99 a \$2928.36. Fernández (2013), señala que el costo de instalación de un sistema de muro verde realizado por una empresa privada, sería de aproximadamente \$2,500 pesos por m², esto comparado con nuestros costos resulta más caro en un 40-48%/m², lo cual representa una ventaja para incursionar en el mercado.

El costo de inversión de un cultivo de 50 macetas es de \$755.67 a \$964.24. Este resultado no pudo ser contrastado, debido a que la mayoría de los mercados locales producen este tipo de hortalizas de modo convencional e hidropónico.

Con esto se pudo probar que el cultivo de las seis hortalizas bajo estudio es rentable en ambos sistemas; sin embargo, se observó que el sistema de macetas al no requerir de una inversión en instalación es más rentable desde un inicio.

En relación al aprovechamiento de espacios el sistema de muro proporciona una ventaja sobre el sistema de maceta; asimismo, con una disposición en vertical se genera una diferencia en la radiación incidida en cada nivel del muro que puede servir para el establecimiento de especies con diferentes requerimientos de luz, manteniendo por mayor tiempo la humedad del sustrato.

Es importante resaltar que en ambos sistemas de cultivo el costo de mantenimiento disminuye, cuando las plantas aromáticas no se remplazan y su propagación se hace de manera asexual como en el tercer experimento propuesto.

El valor obtenido a través del índice costo beneficio, demostró que los sistemas de cultivo generados en este estudio son rentables económicamente a partir de una segunda producción y se vuelven más rentables, cuando en posteriores producciones las especies aromáticas no se remplazan.

El costos promedio de producción de las diferentes hortalizas fue de \$7.20-\$8.60 en muro y de \$7.60-\$11.78 en maceta, de tal manera que permitió dar un sobreprecio en los productos cultivados, con lo cual es posible incursionar en el mercado orgánico, mejorando el precio de venta hasta en un 20% adicional.

Díaz y Lagunes (2015), indican que el costo de las hortalizas que ofrece el mercado orgánico, genera utilidades con un sobreprecio mínimo del 10% hasta más del 50% en relación con los productos de la agricultura industrializada (pág. 82).

Cohen y Franco (2006) citado por Arellano (2013), menciona que cuando las ganancias son mayores que la inversión inicial, tenemos un proyecto rentable, capaz de redituarnos lo invertido más un excedente para continuar invirtiendo o bien tenerlo como parte de las ganancias (pág. 65), si bien en el presente estudio las ganancias de la primera producción no permiten cubrir los gastos de inversión, las posteriores cosechas permitirían cubrir dicho gasto y generar mayores ganancias.

Además es importante considerar que el realizar un cultivo orgánico involucra una serie de externalidades (como son la no contaminación de recursos hídricos, del aire, la fertilidad del suelo, la preservación de la micro y macrofauna edáfica, el mantenimiento de la vida silvestre y biodiversidad de los ecosistemas y la salud humana por patógenos o el empleo de pesticidas), las cuales no se cuantifican de manera monetaria, pero si implican un alto costo de recuperación cuando se dañan al practicar una agricultura de tipo convencional (Tegtmeier y Duffy, 2004: 5-14).

Enfatizando, que si en cada estudio se considerarán estas externalidades, los cultivos convencionales no serían tan rentables económicamente.

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio permitió conocer el número de plantas requeridas para evitar pérdidas durante la producción, indicando que en promedio en un sistema de muro se requieren producir y vender de 35-41 plantas mientras que en el sistema de macetas se necesitan entre 38-73 plantas, para recuperar la inversión y evitar pérdidas. Logrando con el cultivo en muro, exceder este valor generando ganancias, sin embargo, en el sistema de maceta el valor obtenido en el experimento uno (73) supera el número de plantas producidas (50) lo cual implica pérdidas económicas.

Proyección de flujos de fondo

Esta proyección permitió ver el tiempo requerido para recuperar lo invertido en la implementación de los sistemas de producción, obteniendo que en promedio en el sistema de macetas se requieren de 1-3 cosechas, para recuperar el capital, mientras que en el sistema de muro se necesitan de 6-7 cosechas, debido a los gastos de instalación. Si bien, el cultivo en maceta generó en un plazo más breve las ganancias, ambos sistemas son redituables económicamente a largo plazo.

Requerimientos del cultivo

El plan de manejo agroecológico propuesto en cada experimento, resultó favorable para el establecimiento y desarrollo de las diferentes hortalizas. En él se describen varios requerimientos como: el tipo de siembra, luz, riego, biofertilización y control de plagas los cuales generaron el éxito de los diferentes cultivos.

La siembra en almácigo, con el sustrato propuesto y a la profundidad establecida por la literatura para cada especie, permitió la obtención de altos porcentajes de emergencia en las tres variedades de lechugas y el cebollín; sin embargo, en la albahaca y el perejil, se recomienda el cultivo en cajas petri con agar bacteriológico para obtener mejores tasas de emergencia, en ausencia de agar bacteriológico, estas especies se pueden propagar de manera asexual.

Espinosa *et al.* (2014), señalan que la siembra indirecta en almácigo se recomienda cuando se trabaja con semillas pequeñas y delicadas, con riesgo de depredación y capaces de resistir el trasplante, ya que este tipo de siembra permite un mejor cuidado de la planta, mejorando las condiciones para hacer germinar las semillas, obteniendo plántulas con determinada altura, un buen desarrollo del sistema radical o la presencia de cierto número de hojas verdaderas para su posterior trasplante (pág. 5).

En relación a la luz, el uso de la cubierta de plástico blanco proporcionó una mejor distribución de está; además, sirvió de protección al cultivo ante las lluvias y generó un microclima apropiado para las especies cultivadas.

El riego por goteo propuesto fue eficiente en las especies aromáticas, mientras que en las lechugas solo fue eficiente en la etapa de plántula, ya que al crecer y desarrollar una mayor cobertura el punto de goteo afectó el área foliar de esta hortaliza, por lo cual se sugiere que en esta especie el riego se realice por superficie, el cual fue más eficiente en las diferentes etapas de desarrollo de las plantas y no implica un costo de instalación.

De acuerdo a Cun *et al.* (2015) el riego se realiza en función de las necesidades hídricas del cultivo, de modo que permita alcanzar su potencial productivo, resaltando que en el cultivo de la lechuga durante sus primeras fases de crecimiento a causa de un sistema radical poco desarrollado y de baja capacidad de absorción, es un cultivo muy exigente en cuanto a la humedad del suelo por lo que requiere de riegos frecuentes (pág. 10), lo cual se confirmó en el presente estudio donde se aplicó un riego más abundante en esta especie en relación al dispuesto en las plantas aromáticas.

Espinosa *et al.* (2014) señalan que regar con menos frecuencia en periodos más prolongados y no en tiempos cortos con grandes cantidades, permite que las raíces de las plantas crezcan a más profundidad, produciendo un sistema de raíces más abundante (pág. 10).

Los abonos orgánicos propuestos (bocashi, lombricomposta, lixiviado de lombricomposta y Microorganismos Eficientes) cubrieron las exigencias nutrimentales de las diferentes hortalizas.

De la Cruz *et al.* (2010), mencionan que los abonos o fertilizantes orgánicos proporcionan los nutrientes necesarios para el desarrollo de las hortalizas, si se elaboran adecuadamente; además, desde el punto de vista económico su uso permite reducir los costos derivados de la fertilización química en un 10% (pág. 364). Ludwick *et al.* (1995) citado por Serrato (2014), señala que la aplicación apropiada de estos abonos sobre el suelo o el follaje, sirve como complemento del suministro de nutrientes, estimulando el crecimiento y la producción del cultivo (pág. 8).

En relación a las plagas, estas se mantuvieron siempre por debajo del umbral económico de daños, gracias a la continua observación, al uso de especies aromáticas las cuales actuaron como plantas acompañantes y a la aplicación oportuna de biopreparados, tanto de manera preventiva como correctiva. Leonardo (2013) añade que la nutrición determina la resistencia de las plantas al estrés y a las enfermedades (pág. 25).

La FAO (2013) señala que el uso de biopreparados para el control de plagas (como insecticidas o biorepelentes) implica un bajo costo y representa un bajo riesgo para la salud humana y el medio ambiente; ya que se degradan fácilmente, no afectan la fauna benéfica y no generan resistencia en las plagas como sucede con los insecticidas y fungicidas químicos; sin embargo, su efecto dura pocos días por lo que es necesario repetir su aplicación (pág. 23), siendo una alternativa para la producción segura de alimentos.

X. Conclusiones

El diseño y construcción de un muro verde bajo el modelo propuesto, permite el cultivo óptimo de las tres variedades de lechuga.

El tamaño del envase de cultivo y el sustrato fueron dos elementos determinantes en el éxito del cultivo de las hortalizas, en el muro vertical. El tamaño del envase óptimo, fueron botellas de PET de 1.5 l y el sustrato utilizado en el experimento tres hecho de tierra de monte, estiércol, bocashi de siete días y fibra de coco, cáscara de huevo, zeolita, jengibre y canela.

El tiempo de cosecha para las lechugas, fue igual tanto en sistema vertical como en muro (3 meses aproximadamente).

Las lechugas producidas bajo el sistema de muro propuesto presentaron un tamaño inferior en un 30% al del mercado convencional, pero un tamaño similar e incluso superior al que ofertan los supermercados con cultivos hidropónicos; sin embargo, las lechugas producidas bajo este sistema tienen un valor agregado por externalidades, que aún no ha sido considerado pero que repercute a nivel ambiental, económico y social.

Las especies aromáticas fueron fundamentales en el control de plagas, donde estas se mantuvieron por debajo del umbral económico de daños, el crecimiento de estas fue similar al del mercado convencional aunque un poco lento cuando se siembran por semilla; corrigiendo esto al propagarlas por separación de matas, donde su establecimiento es más rápido.

El sistema vertical es una alternativa viable económicamente para establecerse como huerto en espacios reducidos, proporcionando alimento de manera continua.

XI. Recomendaciones

- Realizar la propagación en almácigo, con el sustrato propuesto ya que genera un alto porcentaje de emergencia, es de bajo costo y fácil elaboración.
- Realizar preferentemente un riego de superficie, o adaptar el sistema de riego por goteo lo más cercano al sustrato para evitar afectar la parte foliar de la planta.
- En estudios posteriores, se recomienda que en el caso de cultivar especies que desarrollan mayor cobertura como la lechuga, se establezcan en sacos de mayor tamaño, para permitir un mejor desarrollo radical y evitar que el aumento del área foliar de una planta genere sombra sobre la otra. De utilizar sacos pequeños intercalar plantas de mayor y menor exigencias solares.
- Cultivar especies ligeras, con un sistema radical poco profundo.
- Manejar sistemas diversificados donde se incluyan plantas aromáticas, las cuales ayudarán a controlar la incidencia de plagas si se manejan intercaladas entre el cultivo.

XII. Referencias

- Agriculture & Land-Based Training Association. (2012). *Guía de Recursos, Programa Educativo para Agricultores: Planificación y producción de cultivos*. California, E.U.: Instituto Nacional de Agricultura y Alimentación. 40 pp.
- Alcalá, X. (s.f.). *La producción de orgánicos como alternativa de desarrollo del campo mexicano*. México, D.F.: Innovagro. 21 pp.
- Almaraz, J. (2011). Cultivo orgánico de cuatro especies acompañantes. En Ma. Socorro Orozco (Ed.), *Cultivos orgánicos de especies de interés económico*. (pp. 48-64). México, D.F: Impresiones Torres.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (1a ed.). México, D.F.: Editorial Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 250 pp.
- Alvarado, I. (2015, enero 8). Naturación Urbana: Jardines Verticales mejoran el ambiente. *Gaceta UNAM*. No. 4659. 27 pp.
- Álvarez, M. (2011). *Multiplicación de plantas*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros SACI. 96 pp.
- Arellano, S. (2013). *Rendimiento de frijol, fresa y ajo, en cultivos asociados con la aplicación de un biofertilizante*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 76 pp.
- Arizaleta, M. y Pire, R. (2008). Respuesta de plántulas del cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia*. 42 (1), 47-55.
- Ayala, O., Carrillo, J., Hernández, E., Díaz, E., Livera, M. y Almaguer, G. (2011). Crecimiento de plántulas de estátice (*Limonium sinuatum*) y viola (*Viola cornuta*) en ambientes contrastantes. *Revista Chapingo serie horticultura*, 17 (2), 129-140.
- Bali, J. (2001). *Jardinería mexicana* (2da ed.). México, D.F.: Editorial CONACULTA y México Desconocido. 211 pp.
- Barroso, L. y Jerez, E. (2002). Fenología de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) cultivada en diferentes fechas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 23 (2), 43-46.

- Bejarano, C y Restrepo, J. (2002). *Agricultura sostenible: Abonos orgánicos, fermentados tipo bocashi, caldos minerales y biofertilizantes*. 2da edición. Santiago del Cali, Colombia: Editorial Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). 43 pp.
- Berdonces, J. (2001). *Especies y plantas aromáticas: Guía completa de condimentos que refuerzan los sabores y la salud*. Barcelona, España: Oceano Grupo Editorial. 327 pp.
- Birchler, T. y Rose, R. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros, definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria, Sistema y Recursos Forestales*, 7 (1 y 2), 109-121.
- Brewster, J. (2001). *Las cebollas y otros alliums*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 253 pp.
- Briz, J. (1999). *Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y de mejora ambiental*. Madrid, España: Mundi-prensa libros. 390 pp.
- Bueno, M. (2004). *El huerto familiar ecológico: La gran guía práctica del cultivo natural*. Barcelona: RBA Libros. 415 pp.
- Cabrera, L. (2009). *Comparación de metodologías para la extracción de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la lechuga tipo italiana y sangría*. (Tesis de licenciatura). UNAM-Facultad de Química. México, D.F. 86 pp.
- Cárdenas, R., Sánchez, J., Farías, R. y Peña, J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo: Serie agricultura*, 10 (2), 173-178.
- Castillo, F. (2014). *Hidrosiembra para la naturación vertical de zonas urbanas*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza, México, D.F. 76 pp.
- CEMEDE-UNA. (2010). *Capacitación en diseño y establecimiento de sistemas de producción agropecuaria sostenible, la Cruz Guanacaste*. Costa Rica: Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco y Universidad Nacional de Costa Rica. 34 pp.
- Cervantes, M. (2006). *Tesoro de la biodiversidad*. México, D.F.: Editorial Santillana. 207 pp.
- Cohen, E. y Franco, R. (2006). *Evaluación de proyectos sociales*. México, D.F.: Siglo veintiuno. 318 pp.
- Comisión del Codex Alimentarius. (1995). *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias: Proyecto de directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente*. Roma, Italia: FAO y OMS. 69 pp.

- Córdoba, C. y León, T. (2010). Efecto del manejo agroecológico y convencional sobre la fluctuación de babosa en cultivos de lechuga en Tenjo. *Acta biológica Colombiana*, 15 (1), 115-128.
- Cruz, G. (2006). *Ecología del suelo: un enfoque hacia la nutrición mineral de plantas superiores*. México D.F.: UNAM. 106 pp.
- Cun, R., Duarte, C. y Montero, L. (2015). Evapotranspiración y coeficiente de cultivo de la lechuga (BSS-13) en condiciones de organopónico. *Revista ingeniería agrícola*, 5 (2), 10-15.
- De la Cruz, C. (2011). Cultivo Hidropónico de lechuga orejona (*Lactuca sativa* L.). En Ma. Socorro. Orozco (Ed.), *Cultivos orgánicos de especies de interés económico*. 65-77 pp. México, D.F.: Impresiones Torres.
- De la Cruz, E., Osorio, R., Martínez, E., Lozano, A., Gómez, A. y Sánchez, R. (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*, 35 (5), 363-368.
- Díaz A. y Lagunes E. (2015). *Factibilidad Económica de un proyecto de producción de hortalizas ecológicas como una microempresa para pequeños emprendedores*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 125 pp.
- Díaz, E. (2002). *Lombricultura una alternativa de producción*. La Rioja, Argentina: ADEX (Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior). 57 pp.
- Dick, R. (1982). *Cultivo Práctico de Hortalizas*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental. 229 pp.
- Durán, F. (2005). *Volvamos al campo: Manual de cultivos orgánicos y alelopatía*. Colombia: Grupo Latino LTDA. 700 pp.
- El-Haje, N. y Hattam, C. (2003). *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Roma, Italia: Editado por la FAO. 259 pp.
- Espinosa, P., Gutiérrez, R. y Espinosa, L. (2014). *El huerto familiar*. Texcoco, estado de México: SAGARPA y Universidad autónoma de Chapingo. 10 pp.
- FAO (2013). *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana*. Paraguay: FAO. 35 pp.
- Fersini, A. (1976). *Horticultura orgánica*. México, D.F.: Editorial Diana. 503 pp.
- FONAG [Fondo para la Protección del Agua]. (2010). *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. Estados Unidos: Editorial USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) y FONAG. 24 pp.

- Gardner, F., Brent, P. y Mitchel, R. (1985). Carbon fixation by crop canopies. In: *Physiology of Crop Plants*. 31-57 pp. Iowa State University Press.
- Gil, A. y Miranda, D. (2007). Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 1 (2), 142-153.
- Goites, E. (2008). *Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar*. Buenos Aires: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 140 pp.
- Greulach, V. y Edison, A. (1989). *Manual de botánica y ecología*. Vol. 2. México, D.F.: Ediciones ciencia y tecnología. 460 pp.
- Guanche, A. (2010). *Planificación de cultivos hortícolas*. Canarias, España: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. 23 pp.
- Hartmann, T. y Kester, E. (1999). *Propagación de plantas: Principios y prácticas*. México, D.F.: Editorial Continental. 760 pp.
- Hernández, F. y Jiménez, O. (2003). *El uso de la tierra de hoja en la producción de planta ornamental: caso Xochimilco*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 106 pp.
- Hernández, Y. (2013). *Inoculación con micorriza arbuscular y uso de vermicomposta en el cultivo de albahacar (*Ocimum basilicum* L.) en una azotea naturada*. (Tesis de licenciatura). UNAM- FES Zaragoza. México, D.F. 69 pp.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2013). *Tecnología de bajo costo: guía de manejo de microorganismos eficientes (ME)*. Managua, Nicaragua: Red SICTA y Cooperación Suiza en América Central. 24 pp.
- Juárez, C. (2011). *Producción de planta forestal en dos viveros tecnificados del estado de Tamaulipas 2008-2009*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chapingo-División de Ciencias Forestales. Texcoco, Estado de México. 88 pp.
- Juárez, P., Bugarín, R., Castro, R., Sánchez, A., Cruz, E., Juárez, C., Alejo, G. y Balois, R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3 (8), 21-27.
- Juárez, H. (2014). *Cultivo Hidropónico en mangas verticales de dos variedades de acelga y lechuga*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 64 pp.
- Kötter, E. (2003). *Hierbas para cocinar rápido y fácil*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea. 63 pp.

- Krüger, F. (2007). *Producción de plantas de Pinus ponderosa 1:1 en viveros de Valdivia y Cochrane*. (Tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile-Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 60 pp.
- Lampkin, N. (2001). *Agricultura ecológica*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 724 pp.
- Larson, R. (1988). *Introducción a la floricultura*. México, D.F.: Editorial AGT editor. 551 pp.
- Leonardo, R. (2013). *Biofertilizantes como opción de naturación de azoteas en zonas urbanas*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 76 pp.
- Leopold, A. y Kriedemann, P. (1975). *Plant growth and developmen*. New York: McGraw-Hill Inc. 545 pp.
- Linares, E., Flores, B. y Bye, R. (1994). *Selección de plantas medicinales de México*. México, D.F.: Noriega editores. 112 pp.
- Lugo, D. (2013). Supermercados, estrategias y pequeños productores hortícolas en el municipio de Acatzingo: El caso de Walmart. *Economía, sociedad y territorio, XIII* (42), 315-349.
- Manual agropecuario. (2002). Proyecto de factibilidad. En *Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente*. 233-248 pp. Bogotá, Colombia: Fundación Hogares Juveniles Campesinos.
- Maroto, J. (1983). *Horticultura herbácea especial*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 533 pp.
- Maroto, J. (1990). *Elementos de horticultura general: especialmente aplicada al cultivo de plantas de consistencia herbácea*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 343 pp.
- Márquez, G. (2013). *Cultivo biointensivo de cilantro (Coriandrum sativum. L. var. pakistán) y albahaca (Ocimum basilicum. L. var. italiana), utilizando lombricomposta como sustrato, en condiciones de invernadero*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Iztacala. México, D.F. 43 pp.
- Martínez, C. (s.f.). *Lombricultura*. Texcoco, Estado de México: SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 8 pp.
- Medicina Natural. (s.f.). *Cultiva tus propias hierbas y plantas medicinales*. Madrid, España: Susaeta ediciones. 64 pp.
- Méndez, R. (2004). *Cultivos orgánicos: Su control biológico en plantas medicinales y aromáticas*. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones. 153 pp.

- Messiaen, C. (1979). *Las hortalizas*. México, D.F.: Editorial Blume Distribuidora. 455 pp.
- Millán, C. (2008). *Las plantas: Una opción saludable para el control de plagas*. Uruguay: Editorial Global Greengrants Fund. 99 pp.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2015). *Calendario Agrícola*. Paraguay: Editorial Artes Gráficas DEAg. 14 pp.
- Montiel, K. (2013). *Regulación de plagas presentes en cultivos de jitomate cherry (Lycopersicon pimpinellifolium L.Mill) y Haba (Vicia faba L.) bajo la aplicación de tres bioplaguicidas*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 86 pp.
- Mundo, C. (2013). *Proyecto tecnología hidropónica- producción de jitomates y lechugas*. (Tesis de licenciatura). UNAM-Facultad de Química. México, D.F. 208 pp.
- Navarro, R., D del Campo, A. y Cortina, J. (2006). *Factores que afectan el éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales y Ministerio del medio ambiente. 28 pp.
- Núñez, R. y Vatovac, A. (2006). *La huerta orgánica*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial FAN. 42 pp.
- Orozco, M. (2014a). *El huerto urbano, cultivo ecológico: Modelos para su establecimiento en balcones, paredes, terrazas y azoteas*. México, D.F.: Ediciones OVA. 148 pp.
- Orozco, M. (2014b). *Práctica 3: Producción de microorganismos eficientes*. México, D.F.: Diplomado de Restauración Ecológica de Zonas Áridas de la FES, Zaragoza. 5 pp.
- Paredes, R., Pons, J. y Gámez, F. (2007). *Preparación de abonos orgánicos a partir de estiércol*. Celaya, Guanajuato: INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y Fundación Guanajuato Produce A.C. 6 pp.
- Parker, R. (2000). *La ciencia de las plantas*. Madrid, España: Editorial paraninfo y Thomson Learning. 628 pp.
- Peel, L. (2005). *Frutas, hortalizas y otras plantas comestibles*. Barcelona, España: Editorial círculo de lectores. 176 pp.
- Ramón, V. y Rodas, F. (2007). *El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo: Guía práctica para los campesinos en el bosque seco*. Perú y Ecuador: editorial Darwinnet. 35 pp.

- Restrepo, J. (2007). *Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua, Nicaragua: Editorial Printex. 259 pp.
- Rimache, M. (2011). *Biohuertos: Agricultura ecológica*. Madrid, España: Ediciones de la U. 169 pp.
- Riotte, L. (1987). *Cultivo de huertos pequeños: Una guía para la horticultura intensiva*. México, D.F.: Editorial Continental. 244 pp.
- Rodríguez, G. (2002). *Hidroponía: Agricultura y bienestar*. Chihuahua, México: Dirección de extensión y difusión cultural y la Universidad Autónoma de Chihuahua. 175 pp.
- Rojas, F. (2001). *Abonos orgánicos para una producción sana*. San José, Costa Rica: Editorial del Norte. 28 pp.
- Romero, E. (2013). *Modelo de producción de cultivos asociados, bajo la influencia de las fases lunares, utilizando camas biointensivas*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 69 pp.
- Ruíz, T. (1996). *Evaluación de proyectos agropecuarios*. Estado de México, México: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de Durango y la Universidad Autónoma de Chapingo. 152 pp.
- Samperio, G. (1997). *Hidroponía básica: El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra*. México, D.F.: Editorial Diana. 153 pp.
- Sánchez, M. (2004). *Procesos de conservación poscosecha de productos vegetales*. Madrid, España: A Madrid Vicente ediciones. 289 pp.
- Santos, L., De Juan Valero, J., Picornell, M. y Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*. España: Centro Regional de Estudios del Agua y Universidad de Castilla-La Mancha. 296 pp.
- Schauenberg, P. y Paris, F. (1980). *Guía de las plantas medicinales*. Barcelona, España: Ediciones Omega. 420 pp.
- SEMARNAT (2011). *Biodiversidad: conocer para conservar*. 1ra edición. México, D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 210 pp.
- Serrato, S. (2014). *Modelos de muros verdes con plantas crasas para el oriente de la ciudad de México*. (Tesis de licenciatura). UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 64 pp.

- Sigala, J. (2009). *Calidad de la planta en diez viveros forestales del estado de Durango*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, estado de México. 117 pp.
- Tegtmeier, E. y Duffy, M. (2004). Los costes externos de la producción agrícola en los Estados Unidos. *Revista Internacional de Sostenibilidad Agrícola*, 2 (4), 20.
- Téllez, V. (2001). *Abonos Orgánicos en uso*. México, D.F.: DESMI, A.C. 6 pp.
- Tognoni, F. y Alpi, A. (1999). *Cultivo en invernadero*. Madrid, España: Editorial Mundi-prensa. 347 pp.
- Trinidad, A. (2015). *Abonos Orgánicos*. México, Estado de México: SAGARPA y Colegio de Posgraduados. 8 pp.
- Urrestarazu, M. y Búres, S. (2009). Aplicación de cultivos sin suelo en arquitectura. *Horticultura Internacional*, XVI (70), 10-15.
- Valdivia, G., Devaux, A., Gonzáles, S., Herbas, J. y Hijmans, R. (1999). Desarrollo y producción de Oca (*Oxalis tuberosa*) e Isaño (*Tropaeolum tuberosum*) bajo dos niveles de fertilización. *Revista latinoamericana de la papa*, 1 (11), 121-135.
- Villalobos, E., López, M., Alcalá, V., Aldrete, A. y Suárez, J. (2014). Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum*. *Bosque*, 35 (3), 301-309.
- Villegas, J., Aguilar, M., Briseño, S., Sosa, R. y Silva, R. (2013). *Guía para el cultivo del cebollín*. La Paz, Baja California Sur, México: Editorial Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, IPN. 33 pp.
- Zoppolo, R., Faroppa, S., Bellenda, B. y García, M. (2008). *Alimentos en la huerta: Guía para la producción y consumo saludable*. Montevideo, Uruguay: Editorial INIA-OPS-UNIDELAR. 208 pp.

Referencias electrónicas

- Altra medio ambiente. (2015). *Azoteas Verdes y Muros verdes*. Recuperado de: <http://www.altramedioambiente.com/azoteas-verdes-y-muros-verdes/> consultado el 22-Febrero-2015.
- Azotea y muro verde. (2015). *Muros verdes*. Recuperado de: <http://www.azoteaymuroverde.com/> consultado el 22-Febrero-2015.
- Cosechando Natural. 2014. *Muros verdes*. Recuperado de: https://www.cosechandonatural.com.mx/plastico_blanco_lechoso_820cm_p_or_metro_fm10_sfm46_prd279.html consultado el día 29-Abril-2014.
- Cosechando Natural. (2015a). *Cultivos orgánicos: Clasificación de los abonos orgánicos*. Recuperado de: https://www.cosechandonatural.com.mx/clasificacion_abonos_organicos_articulo9.html consultado el 15-Mayo-2015.
- Cosechando Natural. (2015b). *Muros verdes*. Recuperado de: https://www.cosechandonatural.com.mx/muros_verdes_fm120.html consultado el día 22-Febrero-2015.
- Cosechando Natural (2015c). *Sistema de riego por goteo*. Recuperado de: https://www.cosechandonatural.com.mx/guia_sistemas_de_riego_guia32.html Consultado el 1-Agosto-2015.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2012). *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com> consultado el 12-Junio-2015.
- Econstrucción para un futuro sustentable (2015a). *Inspiración de un muro verde*. Recuperado de: http://www.econstruccion.com.mx/?page_id=182 consultado el 21-Febrero-2015
- Econstrucción para un futuro sustentable. (2015b). *Ventajas de un muro verde*. Recuperado de: http://www.econstruccion.com.mx/?page_id=187 consultado el 22-Febrero-2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). *Mas frutas y hortalizas*. Recuperado de: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0606sp2.html> consultado el 4-Febrero-2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015a). *Agricultura Urbana*. Recuperado de: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/> consultado el 29-Enero-2015.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015b). *Crecimiento del sector de los alimentos orgánicos en México*. Recuperado de: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/es/c/237457/> consultado el 29-Enero-2015.
- Fernández, E. (2013). *Neza fomentara muros verdes*. Recuperado de: <http://m.eluniversal.com.mx/notas/estado-de-mexico/neza-fomentara-muros-verdes.html> consultado el 16-Enero-2015.
- Frangos, O. (2011). *El nuevo jardín vertical de Patrick Blanc*. Recuperado de: <http://www.arquine.com/blog/el-nuevo-jardin-vertical-de-patrick-blanc/> consultado el 13-Abril-2014.
- GAS (Gamma, Arte, Studio). (2014). *Arquitectura: Muros verdes invaden la ciudad de México*. Recuperado de: <http://gastv.mx/2013/05/06/muros-verdes-invaden-la-ciudad-de-mexico/> consultado el 14-Febrero-2014.
- Generación verde. (2014). *Jardines verticales*. Recuperado de: <http://generacionverde.mx/servicios/> consultado el 15-Febrero-2014.
- Hydroenvironment. (2015). *¿Qué es un sustrato?* Recuperado de: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31 consultado el día 22-Febrero-2015.
- Hintze, J. (2007). NCSS and GESS. NCSS, LLC. Kaysville, Utah. Recuperado de: WWW.NCSS.COM consultado el 12-Junio-2015.
- Jardines Verticales (2014). *En Generación verde: Naturación integral*. Recuperado de: <http://generacionverde.mx/> consultado el 14-Abril-2014.
- Jardines Verticales México (JVM). (2015). *Beneficios de los muros verdes*. Recuperado de: <http://www.jvm.com.mx/muros-verdes/beneficios> consultado el 22-Febrero-2015.
- Pérez, S. (2012). *Muros Vegetales, Biomuros, Muros Vivos, Muros Verdes, Jardines Verticales*. Recuperado de: http://prezi.com/nq9gdi9ydzi_/muros-vegetales-biomuros-muros-vivos-muros-verdes-jardines-verticales/ consultado el 16-Abril-2014.
- Picado, J. y Añasco, A. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. Recuperado de: http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf consultado el 24-Abril-2014.
- Regeneramx. (2015). *Catalogo azoteas y muros verdes*. Recuperado de: http://regeneramx.com/wpcontent/uploads/2013/02/Cat%C3%A1logoazotea_symurosverdes260213_.pdf consultado el 22-Febrero-2015.

- Ruíz, J. (2013). Los 10 jardines verticales más importantes del mundo. *El universal*. Recuperado de: <http://archivo.de10.com.mx/vivir-bien/2013/los-10-jardines-verticales-mas-impactantes-del-mundo-17350.html> consultado el 23-Abril-2014.
- Salinas, J. (2014, mayo 15). Convierten fachadas de edificios municipales de 'Neza' en muros verdes. *La Jornada*. No. 10696. Recuperado de: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/05/15/convierten-fachadas-de-edificios-municipales-de-neza-en-muros-verdes-4769.html> consultado el 22-Abril-2014.
- Savinio, A. (2012). *Patrick Blanc: Jardines Verticales*. Recuperado de: <http://www.aryse.org/patrick-blanc-jardines-verticales/> consultado el 23-Abril-2014.
- SDPnoticias.com (2011). *Con jardines verticales, honran en el DF a las culturas prehispánicas*. SDPnoticias.com. Recuperado de: <http://www.sdpnoticias.com/local/ciudad-de-mexico/2011/11/16/con-jardines-verticales-honran-en-el-df-a-las-culturas-prehispanicas> consultado el 22-Abril-2014.
- Terapia Urbana. (2015). *Jardín vertical activo, pasivo*. Recuperado de: <http://www.terapiaurbana.es/sistemas-y-productos-jardin-vertical/> consultado el 4-Mayo-2014.
- Terranova Lombricultores. (2014). ¿Qué es la lombricomposta? Recuperado de: <http://terravalombricultores.com/> consultado el 22-Abril-2014.
- Verde vertical. (2015). *Beneficios que aportan los jardines verticales*. Recuperado de: <http://www.verdevertical.info/> consultado el 22-Febrero-2015.
- Verde 360. (2015). *Muros vivos*. Recuperado de: <http://www.verde360.com.mx/murovivo.php?lang=es> consultado el 22-febrero-2015.
- Yañez, M. (2012). *En Veoverde: 15 maravillosos jardines verticales alrededor del mundo*. Recuperado de: <http://www.veoverde.com/2012/05/15-maravillosos-jardines-verticales-alrededor-del-mundo/> consultado el 4-Mayo-2014.

Anexo 1

Elaboración de abonos orgánicos

Bocashi de 28 días

El bocashi es un abono orgánico fermentado de origen japonés, el cual se produce a través de un proceso de descomposición aeróbica acelerada. En condiciones óptimas de humedad y temperatura, los microorganismos comienzan a descomponer la fracción más simple del material orgánico, como son los azúcares, almidones y proteínas, liberando sus nutrientes. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, mejorando sus características físicas y proporcionando a las plantas nutrimentos.

Beneficios

(Recopilado de FONAG [Fondo para la Protección del Agua], 2010: 7 y Rojas, 2001: 17-21)

- ❖ Tiene un tiempo de fermentación menor al de un compost tradicional.
- ❖ Es económico, ya que utiliza los recursos locales.
- ❖ Es un abono estable, de fácil preparación.
- ❖ No genera gases tóxicos, ni malos olores.
- ❖ No causa problemas en el almacenamiento y transporte.
- ❖ Mejora la fertilidad del suelo.
- ❖ No contamina el medio ambiente.
- ❖ Desactiva agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- ❖ El volumen producido se puede adaptar a las necesidades.
- ❖ El producto puede ser utilizado inmediatamente después de la preparación.

Es un abono orgánico en donde las formas de preparación y los insumos pueden variar (Picado y Añasco, 2005).

Metodología

Para la elaboración de este abono orgánico se siguió la técnica y se emplearon los insumos propuestos por el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la FES Zaragoza, de la UNAM en donde para producir 100 kg de bocashi tradicional con una relación C/N (1:25), se emplearon los siguientes materiales:

- 10 kg de aserrín,
- 10 kg de pasto verde,
- 10 kg de pasto seco,
- 30 kg de estiércol de equino,
- 30 kg de suelo cernido,
- 7.5 kg de carbón molido,
- 0.8 kg de cal agrícola,
- 0.8 kg de roca fosfórica,
- 0.8 kg de cenizas,
- 0.9 kg de levadura de pan,
- 4 l de melaza,
- 5 l de agua azucarada (1 kg de azúcar por 20 l de agua),
- Agua necesaria,
- Microorganismos eficientes (2 l/m² de materiales),
- 0.25 kg azúcar.

Para comenzar con la preparación se colocaron cada uno de los materiales, por capas (en un espacio plano, seco y protegido de las lluvias, el sol y el viento), no fue importante el orden de la colocación pues al revolverlos se homogenizó la mezcla; realizando el procedimiento de la siguiente manera:

1. Se disolvió en un bote con agua la melaza, en otro el azúcar y en otro la levadura. Los cuales se fueron aplicando junto con el riego en cada una de las capas.
2. El agua se aplicó homogéneamente entre las capas de materiales, hasta generar una mezcla uniforme.
3. Una vez lista la mezcla se realizó la prueba de puño para determinar la humedad, tomando muestras de diferentes lados. Considerando el siguiente criterio: “el punto óptimo es cuando al tomar un poco de la mezcla en la mano y apretarla se forma un terrón que al soltarlo mantiene su forma y no escurre, si el agregado se desmorona fácilmente está muy seco, y habrá que añadir agua; pero si escurre agua por los dedos al presionarlo indica que hay exceso de humedad por lo que hay que agregar material seco”.

4. Ya obtenida la mezcla final con la humedad adecuada, se extendió formando un rectángulo con una altura no mayor de 60 cm y 1.5 m de ancho, la cual se cubrió con un plástico negro el primer día. En lugares muy fríos se recomienda hacer los montículos más altos, para que el proceso de fermentación se active y acelere (Bejarano y Restrepo, 2002: 19).
5. La temperatura se midió con un termómetro, controlándola durante los primeros días donde alcanzaba temperaturas hasta de 60°C, situación que no se debe permitir, por lo cual se tomaron en cuenta las siguientes recomendaciones: (Durante los primeros 5 días se voltearon 2 veces, una en la mañana y otra por la tarde para oxigenar la mezcla y disminuir la temperatura, rebajando gradualmente la altura del montón hasta dejarlo a 20 cm al octavo día).
6. El Bocashi a los 15 días registraba una temperatura igual a la del ambiente; sin embargo, su completa maduración se obtuvo entre los 25-30 días, presentando una coloración grisácea, aspecto polvoso, consistencia suelta, seca y sin olor desagradable.
7. Una vez seco se utilizó inmediatamente como parte de una mezcla de sustratos para los sistemas de cultivo (muro y bancalete), y el restante se almacenó en un costal en un lugar fresco, oscuro, seco contemplando que su caducidad es de tres meses.

Bocashi de siete días:

Algunas de las ventajas de este tipo de bocashi es que su elaboración requiere de un menor tiempo (7 días) y que los insumos empleados para su elaboración son subproductos de las actividades agrícolas los cuales pueden ser sustituidos según la disponibilidad de cada región, haciéndolo un abono económico.

Metodología

Para el tercer experimento se elaboró una variante del bocashi tradicional (denominado bocashi de 7 días) el cual está listo en un periodo más corto al anterior y en el que para producir 25 kg se emplearon los siguientes insumos:

- 0.1 kg de levadura,
- 10 kg de suelo cernido,
- 5 kg de cascarilla de arroz,
- 8 kg de estiércol de equino,
- 1 kg de carbón molido,
- 1 l de melaza,
- Agua necesaria.

Para su elaboración se colocaron los materiales secos en capas, se mezclaron en un recipiente con agua la melaza y en otro la levadura, y se aplicaron junto con el riego, se realizó la prueba del puño, se formó el rectángulo cubriéndolo con un plástico negro, se midió y controló la temperatura volteando la mezcla dos veces al día, estando listo para su uso al séptimo día.

Ya listo se utilizó para la elaboración de una mezcla de sustratos para el sistema de muros y bancal; el resto se colocó en una tina la cual se cubrió y dejó en un lugar seco y protegido con caducidad de tres meses.

Forma de uso del abono orgánico fermentado (Bocashi)

La cantidad y forma de aplicarlo es muy variada, depende del cultivo, sus necesidades y el tipo de suelo; sin embargo, algunos de los usos recomendados por Restrepo (2007) son los siguientes:

- Para el cultivo en almácigo o semillero se utiliza de un 10 a un 40% de abono por lo restante al 100% de suelo.
- En el trasplante de la plántula se coloca el abono en el hoyo y se cubre con un poco de tierra para evitar el contacto directo con la raíz.
- Abonado directo, en los costados, si la planta ya está establecida, para generar el crecimiento lateral de las raíces; o si aún no se establece la planta se puede agregar sobre el terreno donde se establecerá el cultivo a sembrar (pág. 44-46).
- En vivero se puede utilizar como parte de una mezcla de sustratos.

Lombricomposta

La lombricomposta es un abono orgánico producto de las excretas de la digestión natural de las lombrices composteadoras; se presenta en forma de agregados cilíndricos, de uno o dos milímetros de longitud, cubiertos por una fina película muco-proteica, “membrana peritrófica” que aglutina y retiene miles de microorganismos del suelo, compuestos húmicos, órgano-minerales y nutrientes (Terranova Lombricultores, 2014: párrafo 1).

De acuerdo a la literatura, se estima que hay en el planeta más de 8,500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*); sin embargo, para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm. Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*, especies utilizadas en el 80% de los criaderos a nivel mundial. Se habla de otras especies que pueden sobrevivir con altas concentraciones de desechos; sin embargo, presentan cierta preferencia hacia algunos desechos; ellas son: *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Bimastus sp.* y *Eudrillus eugeniae* (Martínez, s.f.: 2).

De las especies domesticadas, sin duda la que ha dado mejor resultado es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) la cual tiene una elevada frecuencia de apareamiento (produce un cocón cada 7-10 días), mayor longevidad (15-16 años), docilidad para la cría en ambientes reducidos, buena voracidad (come todo tipo de residuos orgánicos), mayor velocidad y volumen de producción de lombricomposta (Díaz, 2002: 6).

Se estima que una lombriz adulta, se come en promedio su peso en gramos de materia orgánica por día y devuelve algo más de la mitad de esos gramos convertido en abono (Rojas, 2001: 13).

Algunos factores que se deben considerar y controlar en la elaboración de la lombricomposta son: temperatura, humedad, pH.

La temperatura óptima en promedio es de 20°C. En valores de 15°C, la lombriz deja de reproducirse e incluso muere. En temperaturas superiores a los 35°C, huyen y pueden morir.

La humedad óptima es entre un 70 a 80%, para que la lombriz pueda desplazarse a través de los residuos, ya que un grado de humedad mayor al 85% evita su reproducción y trabajo.

El pH ideal debe encontrarse entre 6.5 y 7.5 ya que uno muy ácido o básico genera su muerte (FONAG, 2010: 13 Y 14).

Beneficios

- ❖ Mejora las características físicas, químicas y estructurales en el suelo.
- ❖ Como abono, mejora el crecimiento de las plantas, la floración y producción de frutos ya que los nutrientes en este abono están totalmente descompuestos y disponibles para las plantas.
- ❖ Aumenta la permeabilidad y retención hídrica del suelo.
- ❖ Favorece la ecología al reducir problemas de contaminación generados por desechos orgánicos sólidos.
- ❖ Incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo.
- ❖ Aumenta la resistencia de la planta al ataque de plagas y enfermedades.
- ❖ El contenido de proteína presente en las lombrices permite que puedan utilizarse como complemento en la alimentación humana y animal (Martínez, s.f.: 5).

Metodología

Para su elaboración se siguió la técnica y se emplearon los insumos propuestos por el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la FES Zaragoza, de la UNAM efectuando el siguiente procedimiento:

La lombricomposta se preparó en un lombricario de cemento de 4 m. de largo por 0.90 m. de ancho con una profundidad de 1 m., el cual tiene un drenaje que da hacia un recolector del lixiviado, localizado en la parte inferior del mismo.

1. En el lombricario, se colocó una capa de 30 cm de materia orgánica (100 kg aproximadamente) en avanzado grado de descomposición, la cual se regó hasta obtener aproximadamente un 65% de humedad, comprobándola a través de la prueba del puño.
2. Una vez listo el sustrato se colocaron sobre éste 5, 000 lombrices (el óptimo serían 10,000 lombrices por m² pero no se cuenta con esa cantidad en el vivero); posteriormente se cubrió el lombricario con una lona de color oscuro, para mejorar las condiciones de temperatura y humedad, permitiendo el establecimiento y desarrollo de las lombrices.
3. En el lombricario se midió semanalmente la temperatura, el pH y la humedad del sustrato, manteniendo la primera entre 23-25°C., la segunda entre 6-7, y la humedad entre 65-70%.
4. Se extrajo el lixiviado (líquido producido durante la descomposición de la materia orgánica) del recolector, posteriormente se filtró y almacenó en un contenedor oscuro con tapa, este desprendía un olor desagradable.
5. En tres meses la lombricomposta estuvo lista, presentando una coloración oscura y uniforme, inodora y con una textura esponjosa.

6. Para la recolecta de la lombricomposta, se colocaron trampas de alimento (trozos de materia orgánica fresca) para capturar a las lombrices; sin embargo, para acelerar la colecta se separaron también manualmente, y se extendió la lombricomposta sobre un tamiz de orificio mediano, colocado sobre una tina el cual se exponían al sol generando que las lombrices al secarse el sustrato de la parte superior descendieran y cayeran a la tina. Una vez recolectadas las lombrices se utilizaron para la elaboración de nueva lombricomposta.
7. Una vez preparado el abono (lombricomposta) y recolectado el lixiviado estos se aplicaron en los sistemas de cultivo (muro y bancal). El primero alrededor de las hortalizas, y el segundo de manera foliar (diluyendo el lixiviado en agua en una proporción 1:10). Estos se aplicaron a mitad de cada experimento, de manera quincenal, alternando la aplicación del abono y el lixiviado hasta el momento de la cosecha.

Formas de uso del humus de lombriz y lixiviado

Algunas de las formas de aplicación de la lombricomposta (humus de lombriz) son:

- En almácigos para la germinación de las semillas.
- En trasplantes donde se coloca una parte del abono por cuatro partes de tierra.
- Abonado directo en macetas, se coloca una capa de dos centímetros sobre la tierra, cuidando de dejar libre el tallo, a fin de evitar el posible desarrollo de hongos.
- El lixiviado sin diluir se utiliza como enraizador en trasplantes.
- Como abono foliar se diluye en agua en una proporción 1:10 (una parte de lixiviado por 10 partes de agua).

Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes o eficaces (EM) son un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural, no nocivos, ni tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre; por el contrario son naturales, benéficos y altamente eficientes. Estos microorganismos fueron desarrollados en la década de los 70's por el Prof. Teruo Higa y su equipo en la Universidad de Ryukyus, en Okinawa, Japón. (IICA, 2013: pág. 3).

Los EM están constituidos por bacterias fotosintéticas o también llamadas fototróficas, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores que se utilizan para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. (IICA, 2013: pág. 4).

Hoy en día el uso de EM permite reemplazar los productos agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos.

Beneficios

- ❖ Mejora la calidad del suelo ya que solubilizan los nutrientes.
- ❖ Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. (IICA, 2013: pág. 5-8).
- ❖ Previene el desarrollo de enfermedades y plagas.
- ❖ Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- ❖ Mejora el equilibrio natural enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales y suprimiendo los microorganismos patógenos (Orozco, 2014b: 2 y 3).

Metodología

Para su elaboración se siguió la técnica y emplearon los insumos propuestos por el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la FES Zaragoza, de la UNAM efectuando el siguiente procedimiento:

1. Se cocieron previamente en agua purificada 200 g de arroz.
2. Se colocó el arroz ya cocido en una hoja de plátano y se envolvió.
3. Se ubicó un área boscosa no perturbada y se hizo un hueco de 20 x 20 cm de longitud por 20 cm de profundidad, cerca del dosel de un árbol.
4. Se enterró la hoja de plátano con el arroz cubriéndolo con hojarasca, un poco de tierra y una piedra.
5. A los 15 días se extrajeron y seleccionaron los microorganismos benéficos (“*bacillus*” el cual presento una coloración blanca y “*trichoderma*” que tenía una coloración verde), eliminando los microorganismos patógenos (“*Fusarium*” de color rojo-rosado y “*rhizoctonia*” de color gris).
6. Posteriormente los microorganismos benéficos se diluyeron en un bote con 8 l de agua, añadiendo 1 l de melaza y mezclado hasta disolver.
7. Finalmente se cubrió el bote con una tapa a la cual se le colocó un tubo (manguera) que conectaba con una botella con agua, a través del cual salen los gases, dejándolo fermentar un mes.
8. Transcurrido este tiempo se tomaron 500 ml del concentrado los cuales se diluyeron en 18 litros de agua y aplicaron de manera foliar sobre el sistema de muros y bancal durante el tercer experimento.

Formas de uso de los Microorganismos Eficientes

- Se utiliza en la siembra en almácigo para estimular la velocidad y el porcentaje de germinación por su efecto hormonal.
- Aplicado foliarmente actúa como supresor de insectos y enfermedades; además, promueve la floración, fructificación y maduración.
- Mejora la fertilidad del suelo incrementando la biodiversidad microbiana (Orozco, 2014b: 3 y 4).

Anexo 2

Costos de producción para la elaboración de abonos

Presupuesto para la elaboración de 100 kg de bocashi de 30 días.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
10	Aserrín	kg	0.33	3.30
10	Pasto verde	kg	0.00	0.00
10	Pasto seco	kg	0.00	0.00
30	Estiércol de equino	kg	0.33	3.30
30	Suelo cernido	kg	1.00	30.00
7.5	Carbón molido	kg	1.20	9.00
0.8	Cal agrícola	kg	1.00	0.80
0.8	Roca fosfórica	kg	3.00	2.40
0.8	Cenizas	kg	0.00	0.00
0.9	Levadura de pan	kg	37.80	34.02
4	Melaza	l	5.00	20.00
0.25	Azúcar	kg	10.00	2.50
2	Microorganismos Eficientes	l	8.93	17.86
Necesaria	Agua	l	0.00	0.00
4	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	35.04
Total				158.22

De los 100 kg de bocashi elaborados, después del proceso de maduración y tamizado se obtuvo aproximadamente un 50% de abono (50 kg), con lo cual el costo de producción por kilo aumenta de \$1.58 a \$3.16.

Presupuesto para la elaboración de 50 kg de bocashi de siete días.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
0.2	Levadura	kg	7.56	7.56
20	Tierra	kg	1.00	20.00
16	Estiércol	kg	0.33	5.28
10	Cascarilla de arroz	kg	2.50	25.00
2	Carbón triturado	kg	1.20	2.40
2	Melaza	l	5.00	10.00
Necesaria	Agua	l	0.00	0.00
2	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	17.52

Total **87.76**

De los 50 kg de bocashi elaborados, después del proceso de maduración y tamizado se obtuvo aproximadamente un 50% de producto (25 kg), con lo cual el costo de producción por kilo aumenta de \$1.76 a \$3.51.

Presupuesto para la elaboración de lombricomposta.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
100	Materia orgánica	kg	0.00	0.00
5,000	Lombriz roja californiana	Individuos	1.00	5,000
Necesaria	Agua	l	0.00	0.00
24	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	210.24

Total **5,210.24**

De los 100 kg de materia orgánica utilizados para la elaboración de lombricomposta, después del proceso de maduración y tamizado se obtuvo aproximadamente un 50% de abono (50 kg), con lo cual el costo de producción por kilo aumenta de \$52.10 a 104.20 en la primera producción. En la segunda producción el costo de cada kilo de abono fue de \$4.20 ya que no se considera la inversión inicial de lombrices.

Presupuesto para la elaboración de 8 litros de microorganismos eficientes.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
0.2	Arroz	kg	16.00	3.20
1	Hoja ancha (acelga o plátano)	pieza	0.00	0.00
Necesario	Gas	kg		5.00
1	Manguera	m	4.50	4.50
1	Bote con tapa con capacidad de 20 l	pieza	25.00	25.00
1	Melaza	l	5.00	5.00
1	Botella de PET	pieza	0.00	0.00
1	Cinta de aislar negra	pieza	20.00	20.00
7	Agua de lluvia	l	0.00	0.00
1	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	8.76
Total				71.46

El costo final de producción de 8 l de microorganismos eficientes es de \$71.46, costando por litro \$8.93.

Anexo 3

Presupuesto para la instalación de un sistema de riego por goteo.

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Importe
			\$	
11	Manguera espaguete	m	7.77	85.47
1	Bomba sumergible 1500 l/h y 2.5 m altura	pieza	333.56	333.56
1	Contenedor con capacidad para 80 l	pieza	90.00	90.00
5	Conectores t	pieza	5.00	25.00
1	Caja de Clips (100 piezas)	caja	5.90	5.90
1	Cinta de aislar negra	pieza	20.00	20.00
1	Encendedor	pieza	3.50	3.50
1	Aguja	pieza	0.50	0.50
4	Jornada laboral (mano de obra)	h	8.76	35.04
Total				598.97