

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*
L.) EN INVERNADERO**

Paul Ulises Hernández López

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Agrícolas

Xalisco, Nayarit. Junio de 2015


Xalisco, Nayarit, 25 de junio de 2015

DR. JUAN DIEGO GARCÍA PAREDES
COORDINADOR DEL POSGRADO (CBAP)
P R E S E N T E

Los que suscriben, el Cuerpo Tutorial para asesorar la Tesis titulada: Evaluación de sustratos en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en invernadero, que presenta el C. Paul Ulises Hernández López para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con opción terminal en Ciencias Agrícolas, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.


Sin otro asunto que tratar, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E



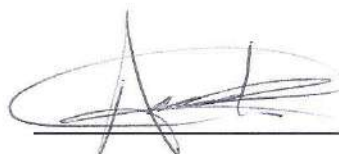
Dra. Elia Cruz Crespo

Directora



Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete

Co-directora



Dr. Álvaro Can Chulim

Asesor



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**

CBAP/150/15

Xalisco, Nayarit., 26 de junio de 2015

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
P r e s e n t e.

Con base al oficio de fecha 25 de junio de 2015, enviado por los CC. **Dra. Elia Cruz Crespo, Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete y Dr. Álvaro Can Chulim**, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, se autoriza al **C. Paul Ulises Hernández López**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, me despido de usted y reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"Por lo Nuestro a lo Universal"



Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador del posgrado

Expediente.

&ref.

RESUMEN

Se han buscado alternativas para la producción en los sistemas de cultivo sin suelo bajo cubierta, como es el uso de sustratos orgánicos e inorgánicos. Por esto, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar sustratos a base de lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz en mezcla o sin mezcla en diferentes proporciones en el crecimiento, rendimiento y calidad de cilantro en dos ciclos de producción. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro fases. En la primera fase se evaluaron las propiedades físicas (porosidad total, capacidad de aireación, y capacidad de retención de humedad) y químicas (potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica) de cinco lombricompostas. En la fase dos se llevó a cabo la elaboración y caracterización de mezclas de los sustratos: tezontle, jal y cascarilla de arroz con la lombricomposta seleccionada en diferentes proporciones. Después se seleccionaron las mejores proporciones, las cuales fueron: 100 % para lombricomposta, tezontle y jal, y lombricomposta: tezontle, jal o cascarilla de arroz al 80:20, 65:35 y 20:80. Estas se emplearon en la fase 3, en la cual se estableció el experimento del primer ciclo de producción con cultivo de cilantro "Pakistan". A los 10, 20 y 30 días después del trasplante (DDT) se evaluaron las variables de crecimiento y lecturas SPAD; a los 20 DDT se determinó el contenido nutrimental, contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante; además a los 3, 6, 9 y 12 días después del corte (DDC) se analizó la pérdida de peso, vida de anaquel y color en condiciones de 5 °C. En la fase cuatro se estableció el segundo ciclo de producción y se evaluaron las variables evaluadas en el primer ciclo. Se consideró un arreglo factorial 11 x 2, en un diseño experimental completamente al azar. Se encontró que los sustratos que incluyeron lombricomposta con proporciones a 80 y 65 % en combinación del primer ciclo de producción, favorecieron el crecimiento, rendimiento y contenido nutrimental en las plantas de cilantro, además la respuesta en color fue mejor; sin embargo presentaron las mayores pérdidas de peso. Mientras que estos mismos sustratos, junto con los que incluyeron lombricomposta al 20 % en combinación con el segundo ciclo, obtuvieron mayor contenido de fenoles totales, aunque no fue la misma respuesta en el contenido de flavonoides y actividad antioxidante. Se concluyó que el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013) fue el mejor, ya que en todos los sustratos se obtuvo mayor crecimiento,

rendimiento, contenido nutrimental de fósforo y potasio, así como mejor color en las plantas de cilantro, en comparación con el segundo ciclo (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Mientras que en el segundo ciclo, la respuesta fue mayor en el contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides, más no la actividad antioxidante.

DEDICATORIA

A mi Madre, Juana María López Rodríguez, por estar siempre conmigo, darme palabras de aliento y por sentir un gran orgullo por mis logros alcanzados.

A mis tíos, Nicolás Carrillo Salazar y María del Rosario Hernández Moreno, por ser como mis segundos padres y apoyarme en todo momento.

A mi Familia, por aconsejarme y estar al pendiente de mis estudios.

A Itzel Zavala Valladares, por motivarme a seguir adelante.

A mis Amigos, por ser un factor importante en mi vida al estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mi amigo de Licenciatura y Maestría, Oscar Germán Martínez Rodríguez, por superar momentos difíciles de la carrera y lograr nuestras metas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber financiado mis estudios durante el posgrado.

Al Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit por otorgarme la oportunidad de realizar mi maestría.

A mi Comité Tutorial conformado por los doctores Elia Cruz Crespo, Álvaro Can Chulim y Cecilia Rocío Juárez Rosete por apoyarme durante la investigación y escritura de tesis.

A la Dra. Elia Cruz Crespo, por su amistad, el apoyo brindado y principalmente por haber sido mi directora de tesis.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE SÍMBOLOS.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos particulares	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Importancia mundial de las plantas aromáticas.....	4
3.2. Importancia nacional de las plantas aromáticas.....	4
3.3. Generalidades del cilantro.....	5
3.3.1. Principales usos del cilantro.....	6
3.3.2. Descripción botánica del cilantro.....	7
3.3.3. Calidad de productos agrícolas.....	8
3.3.4. Calidad del cilantro.....	9
3.4. Capacidad Antioxidante.....	9
3.5. Metabolismo primario y secundario.....	10
3.5.1. Compuestos fenólicos.....	11
3.5.2. Flavonoides.....	12
3.6. Factores que afectan la actividad antioxidante, fenoles y flavonoides....	13
3.7. Suelo y sustratos en la producción agrícola.....	14
3.7.1. Problemática de los suelos en la agricultura.....	14
3.7.2. Sustratos..	15
3.7.2.1. Propiedades de sustratos.....	16
3.7.2.2. Propiedades físicas de sustratos.....	16
3.7.2.2.1. Porosidad total.....	16
3.7.2.2.2. Capacidad de aireación.....	17
3.7.2.2.3. Capacidad de retención de humedad.....	17

3.7.2.2.4.	Densidad aparente.....	17
3.7.2.2.5.	Densidad de partículas.....	17
3.7.2.2.6.	Tamaño de partícula.....	17
3.7.2.3.	Propiedades químicas de sustratos.....	18
3.7.2.3.1.	Potencial de hidrógeno (pH)	18
3.7.2.3.2.	Conductividad eléctrica (CE)	18
3.7.2.3.3.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	19
3.7.3.	Tezontle.....	19
3.7.4.	Cascarilla de arroz.....	19
3.7.5.	Jal.....	21
3.7.6.	Lombricomposta.....	21
3.8.	Uso de diferentes materiales orgánicos como sustratos en plantas aromáticas.....	23
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1.	Fase 1: Caracterización y selección de lombricomposta.....	24
4.1.1.	Propiedades físicas.....	25
4.1.2.	Propiedades químicas.....	26
4.2.	Fase 2: Elaboración y caracterización de mezcla de sustratos.....	26
4.3.	Fase 3: Establecimiento del experimento del primer ciclo de producción.....	28
4.3.1.	Tratamientos.....	29
4.3.2.	Variables evaluadas.....	30
4.3.2.1	Variables de crecimiento.....	30
4.3.2.1.1.	Altura de planta.....	31
4.3.2.1.2.	Número de hojas.....	31
4.3.2.1.3.	Área foliar.....	31
4.3.2.1.4.	Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta.....	31
4.3.2.1.5.	Peso de biomasa seca de la parte aérea de planta.....	31
4.3.2.2.	Variables de contenido nutrimental y lecturas SPAD.....	31
4.3.2.2.1.	Lecturas SPAD.....	32
4.3.2.2.2.	Nitrógeno.....	32

4.3.2.2.3.	Fósforo.....	33
4.3.2.2.4.	Potasio.....	33
4.3.2.3.	Variables en poscosecha.....	33
4.3.2.3.1.	Contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante.....	33
4.3.2.3.1.1.	Contenido de fenoles totales.....	34
4.3.2.3.1.2.	Contenido de flavonoides.....	35
4.3.2.3.1.3.	Actividad antioxidante.....	36
4.3.2.3.2.	Pérdida de peso, vida en anaquel y color.....	37
4.3.2.3.2.1.	Pérdida de peso.....	37
4.3.2.3.2.2.	Vida en anaquel.....	38
4.3.2.3.2.3.	Color.....	38
4.4.	Fase 4: Establecimiento del experimento del segundo ciclo de producción.....	38
4.4.1.	Variables evaluadas.....	40
4.4.1.1.	Variables de crecimiento.....	40
4.4.1.1.1.	Altura de planta.....	40
4.4.1.1.2.	Número de hojas.....	40
4.4.1.1.3.	Área foliar.....	40
4.4.1.1.4.	Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta.....	40
4.4.1.1.5.	Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta.....	40
4.4.1.2.	Variables de contenido nutrimental y lecturas SPAD.....	40
4.4.1.2.1.	Lecturas SPAD.....	40
4.4.1.2.2.	Nitrógeno.....	40
4.4.1.2.3.	Fósforo.....	40
4.4.1.2.4.	Potasio.....	40
4.4.1.3.	Variables en poscosecha.....	40
4.4.1.3.1.	Contenido de fenoles totales.....	40
4.4.1.3.2.	Contenido de flavonoides.....	41
4.4.1.3.3.	Actividad antioxidante.....	41
4.4.1.3.4.	Pérdida de peso.....	42

4.4.1.3.5.	Vida en anaquel.....	42
4.4.1.3.6.	Color.....	42
4.4.2.	Análisis de datos.....	42
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
5.1	Análisis de varianza de las variables de crecimiento y contenido nutricional.....	43
5.1.1.	Interacción de sustrato y ciclo de producción sobre las variables de crecimiento y contenido nutricional.....	46
5.1.2.	Efecto del factor sustrato sobre las variables de crecimiento y contenido nutricional.....	59
5.1.3.	Efecto del factor ciclo de producción sobre las variables de crecimiento y contenido nutricional.....	69
5.2.	Análisis de varianza de las variables en poscosecha.....	71
5.2.1.	Interacción de sustrato y ciclo de producción sobre las variables en poscosecha.....	73
5.2.2.	Efecto del factor sustrato sobre las variables en poscosecha.....	85
5.2.3.	Efecto del factor ciclo de producción sobre las variables en poscosecha.....	92
6.	CONCLUSIONES.....	93
7.	LITERATURA CITADA.....	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Propiedades físicas, pH y CE de las lombricompostas. Xalisco, Nayarit. 2013.....	25
Cuadro 2.	Propiedades físicas y químicas de las mezclas de sustratos. Xalisco, Nayarit. 2013.....	27
Cuadro 3.	Concentración de nutrimentos de la solución nutritiva de Steiner. Xalisco, Nayarit. 2013 y 2014.....	29
Cuadro 4.	Relación de tratamientos en el cultivo de cilantro 'Pakistán' en invernadero en el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 – 30 de octubre de 2013. Xalisco, Nayarit.....	30
Cuadro 5.	Concentraciones de ácido caféico para curva de calibración.....	34
Cuadro 6.	Concentraciones de quercetina para curva de calibración.....	35
Cuadro 7.	Concentraciones de Trolox para curva de calibración.....	36
Cuadro 8.	Análisis de varianza para altura en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	43
Cuadro 9.	Análisis de varianza para número de hojas en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	43
Cuadro 10.	Análisis de varianza para área foliar en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	44
Cuadro 11.	Análisis de varianza para peso de biomasa fresca en la parte aérea de la planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	44
Cuadro 12.	Análisis de varianza para peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	44

Cuadro 13. Análisis de varianza para lecturas SPAD en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	45
Cuadro 14. Análisis de varianza para nitrógeno, fósforo y potasio en planta de cilantro a los 30 DDT en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	45
Cuadro 15. Comparación de medias para altura de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	59
Cuadro 16. Comparación de medias para número de hojas de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	60
Cuadro 17. Comparación de medias para área foliar de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	61
Cuadro 18. Comparación de medias para peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	62
Cuadro 19. Comparación de medias para peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	63
Cuadro 20. Comparación de medias para lecturas SPAD de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	64
Cuadro 21. Comparación de medias para nitrógeno, fósforo y potasio en planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	65
Cuadro 22. Análisis de varianza para contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante en planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	71
Cuadro 23. Análisis de varianza para pérdida de peso de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	71
Cuadro 24. Análisis de varianza para vida en anaquel de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	71
Cuadro 25. Análisis de varianza para luminosidad de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	72

Cuadro 26. Análisis de varianza para hue de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	72
Cuadro 27. Análisis de varianza para croma de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.....	72
Cuadro 28. Comparación de medias para fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	85
Cuadro 29. Comparación de medias para pérdida de peso de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	86
Cuadro 30. Comparación de medias para vida en anaquel de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	87
Cuadro 31. Comparación de medias para luminosidad de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	88
Cuadro 32. Comparación de medias para hue de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	89
Cuadro 33. Comparación de medias para croma de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Síntesis de los compuestos fenólicos.....	11
Figura 2.	Clases y estructuras de flavonoides.....	13
Figura 3.	Temperatura máxima y mínima durante el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013). Xalisco, Nayarit.....	28
Figura 4.	Humedad relativa máxima y mínima durante el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013). Xalisco, Nayarit.....	28
Figura 5.	Curva de calibración estándar de contenido de fenoles totales.....	34
Figura 6.	Curva de calibración estándar de contenido de flavonoides.....	35
Figura 7.	Curva de calibración estándar de actividad antioxidante.....	37
Figura 8.	Temperatura máxima y mínima durante el segundo ciclo de producción (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.....	39
Figura 9.	Humedad relativa máxima y mínima durante el segundo ciclo de producción (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit...	39
Figura 10.	Curva de calibración estándar de contenido de fenoles totales.....	41
Figura 11.	Curva de calibración estándar de contenido de flavonoides.....	41
Figura 12.	Curva de calibración estándar de actividad antioxidante.....	42
Figura 13.	Altura de la planta a los 10 DDT (A x B).....	46
Figura 14.	Altura de la planta a los 20 DDT (A x B).....	47
Figura 15.	Altura de la planta a los 30 DDT (A x B).....	47
Figura 16.	Número de hojas de la planta a los 10 DDT (A x B).....	48
Figura 17.	Número de hojas de la planta a los 20 DDT (A x B).....	49
Figura 18.	Número de hojas de la planta a los 30 DDT (A x B).....	49
Figura 19.	Área foliar de la planta a los 20 DDT (A x B).	50

Figura 20. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 10 DDT (A x B).....	51
Figura 21. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 20 DDT (A x B).....	52
Figura 22. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 30 DDT (A x B).....	52
Figura 23. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 10 DDT (A x B).....	53
Figura 24. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 20 DDT (A x B).....	54
Figura 25. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 30 DDT (A x B).....	54
Figura 26. Lecturas SPAD de la planta a los 10 DDT (A x B).....	55
Figura 27. Lecturas SPAD de la planta a los 20 DDT (A x B).....	56
Figura 28. Lecturas SPAD de la planta a los 30 DDT (A x B).....	56
Figura 29. Contenido de nitrógeno de la planta a los 20 DDT (A x B).....	57
Figura 30. Contenido de fósforo de la planta a los 20 DDT (A x B).....	58
Figura 31. Contenido de potasio de la planta a los 20 DDT (A x B).....	58
Figura 32. Contenido de fenoles totales a los 20 DDT (A x B).....	73
Figura 33. Contenido de flavonoides a los 20 DDT (A x B).....	74
Figura 34. Actividad antioxidante a los 20 DDT (A x B).....	74
Figura 35. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B).....	75
Figura 36. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B).....	76
Figura 37. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B).....	76
Figura 38. Vida en anaquel de la parte aérea de la planta (A x B).....	77
Figura 39. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B).....	78

Figura 40. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B)...	78
Figura 41. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B).....	79
Figura 42. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B)...	79
Figura 43. Hue de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B).....	80
Figura 44. Hue de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B).....	81
Figura 45. Hue de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B).....	81
Figura 46. Hue de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B).....	82
Figura 47. Croma de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B).....	83
Figura 48. Croma de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B).....	83
Figura 49. Croma de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B).....	84
Figura 50. Croma de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B).....	84

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

cm	centímetro
DDC	días después del corte
DDT	días después del trasplante
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidracilo
dS	decisiemens
EAC	equivalentes de ácido caféico
EQ	equivalentes de quercetina
FRC	folin-ciocalteu
g	gramo
ha	hectárea
L	litro
lx	lux
M	mol
m	metro
min	minuto
mL	mililitro
mM	mili mol
mm	milímetro
nm	nanómetro
t	tonelada
μL	micro litro

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas tienen relevancia a nivel nacional y mundial, ya que se calcula que mueven alrededor de 6000 millones de dólares en el mercado mundial y su crecimiento se ubica entre un 5 y 6 % por año. Dentro de los principales países productores de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) se encuentran Rusia, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán; mientras que los principales países importadores son Alemania, Estados Unidos y Japón (Morales-Payán, 2011). En México, el cilantro es una de las especias de mayor participación económica, debido a que es un cultivo con buen rendimiento, de buen precio y de usos diversos en el mercado, tales como en la gastronomía, bebidas, aromaterapia, medicina y en la elaboración de plaguicidas (Burdock y Carabin, 2009). Los principales estados productores de cilantro en el país son Puebla (31.67 t), Sonora (12.76 t) y Baja California (8.95 t). El cilantro ocupa el 73 % (6447.6 ha) de la superficie total destinada para la producción nacional de hierbas aromáticas y alcanza un rendimiento de 10.24 t ha⁻¹ (SIAP, 2015a).

En el cultivo de cilantro la calidad organoléptica juega un papel determinante para el consumidor, tal como tamaño, forma, color, vida en anaquel y pérdida de peso (Cantwell y Reid, 1993; Loaiza y Cantwell, 1997; Cantwell y Reid, 2007). El consumo de cilantro es importante por su contenido de fenoles y actividad antioxidante que aportan beneficios a la salud humana y contribuyen a prevenir diversas enfermedades, como cardiovasculares, cancerígenas y degenerativas (Naczki y Shahidi, 2006; Delgado-Olivares *et al.*, 2010). Sin embargo, estos pueden verse afectados por estrés hídrico, época del año y medios de crecimiento (Morales-Payán, 2011).

Actualmente, el uso inadecuado de los fertilizantes químicos en los agroecosistemas ha propiciado la degradación física, química y biológica de los suelos; aunado a esto, la presencia de organismos patógenos han causado diversas enfermedades en los cultivos y consecuentemente disminución de rendimientos y calidad; también los diversos problemas meteorológicos han ocasionado grandes pérdidas en los cultivos (Niemenak *et al.*, 2006; Altieri y Nicholls, 2007; González *et al.*, 2008; SAGARPA, 2014).

Ante esta situación se han buscado alternativas para la producción de cilantro, utilizando algún tipo de cubierta, como el invernadero, así como el uso de sustratos.

El estado de Nayarit cuenta con diversos materiales derivados de las actividades agropecuarias y materiales minerales, tales como la lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz, que se pueden utilizar como sustratos para las plantas. En los últimos años, estos materiales se han evaluado en los sistemas de cultivo sin suelo con algunos productos hortícolas como albahaca (*Ocimum basilicum* L.), cilantro, tomillo (*Thymus vulgaris* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.); aunque con resultados variables (Singh, 2011). Para el cultivo de cilantro en diferentes medios de crecimiento bajo invernadero es escasa la información reportada.

Derivado de lo anterior, en el presente trabajo se planteó el cultivo de cilantro en dos ciclos de producción con los objetivos siguientes:

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Evaluación de sustratos a base de lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz en mezcla o sin mezcla en diferentes proporciones, en el cultivo y calidad de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en dos ciclos de producción.

2.2. Objetivos particulares

- Evaluar en los sustratos a base de lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz en mezcla o sin mezcla en diferentes proporciones, más fertilización química, el crecimiento y rendimiento de biomasa de cilantro en dos ciclos de producción.
- Determinar el contenido nutrimental de nitrógeno, fósforo y potasio en el follaje de cilantro en dos ciclos de producción, cultivados en sustratos a base de lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz en mezcla o sin mezcla en diferentes proporciones, más fertilización química,
- Estudiar la calidad del follaje de cilantro, cultivado en sustratos a base de lombricomposta, tezontle, jal y cascarilla de arroz en mezcla o sin mezcla en diferentes proporciones, más fertilización química, en dos ciclos de producción.

2.3. Hipótesis

- El crecimiento y rendimiento de biomasa de cilantro será mayor en los medios de crecimiento que incluyan lombricomposta, fertilización química y que tengan las mejores propiedades físicas.
- El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, y calidad del follaje de cilantro serán variables entre los diferentes medios de crecimiento, porque fueron elaborados de materiales y proporciones de lombricomposta diferentes.
- El crecimiento, rendimiento de biomasa, contenido nutrimental y calidad del follaje de cilantro será mayor en el ciclo de producción con mayor temperatura.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia mundial de las plantas aromáticas

Las plantas aromáticas son comercializadas en gran variedad de formas, ya sean frescas, secas y procesadas. Son componentes importantes en la dieta de millones de personas en el mundo, ya que tienen uso culinario y medicinal (Ansari *et al.*, 2006; De-Souza *et al.*, 2005; Hamodi *et al.*, 2010); son buena fuente de minerales, vitaminas, antioxidantes y compuestos medicinales (Wangensteen *et al.*, 2004). Estos cultivos pueden crecer con bajos insumos o alta tecnología, dependiendo de los recursos disponibles y pueden contribuir significativamente en los ingresos de los agricultores. Mercados de alto valor como el orgánico, natural y el de exportación pueden ser especialmente rentables (FAO, 2013).

Para el 2006 se registró un total de 1055 millones de dólares en importaciones de hierbas aromáticas y medicinales, donde los principales países importadores fueron Estados Unidos de América con 188 520 millones de dólares, Alemania con 128 712 millones de dólares y Japón con 92 299 millones de dólares. En exportaciones anuales se registró un total de 769 387 millones de dólares, siendo China el principal país exportador con 281 552 millones de dólares, seguido de Alemania con 95 841 millones de dólares y Estados Unidos de América con 59 216 millones de dólares (Sánchez-Verdugo y Lucero-Flores, 2012).

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es conocido como una de las principales especies en el mundo y es de gran significancia en el comercio internacional (Small, 1997). La producción mundial de aceite esencial de cilantro al año ha sido estimada con un valor de 50 millones de dólares, siendo el segundo aceite esencial más importante, solo detrás del aceite de naranja (Burdock y Carabin, 2009).

3.2. Importancia nacional de las plantas aromáticas

México tiene una herencia cultural en el uso de hierbas aromáticas y medicinales; su comercialización funciona en los mercados locales y son de gran importancia económica, industrial, medicinal y culinaria en el ámbito nacional e internacional (Juárez-Rosete *et al.*,

2013). Dentro de los principales estados productores de hierbas aromáticas se encuentran Baja California Sur, Nayarit, Morelos y Sonora (SIAP, 2015b).

Las principales especies producidas a nivel nacional son la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), perejil (*Petroselinum crispum* L.), menta (*Mentha piperita* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris* L.); siendo Sonora el principal estado productor de albahaca (1904 t), con una superficie sembrada y cosechada de 136 ha; el estado de Baja California es el principal estado productor de menta (70 t), con una superficie sembrada y cosechada de 5 ha; en orégano el estado de México es el principal productor (54 t), con una superficie sembrada y cosechada de 28 ha; en tomillo su principal estado productor es Baja California Sur (64 t) y cuenta con una superficie sembrada y cosechada de 20 ha (SIAP, 2015b).

El cilantro ocupa el 73 % (6447.6 ha) de la superficie total destinada para la producción nacional de hierbas aromáticas (SIAP, 2015a), siendo el estado de Puebla el principal productor con 30 003 t, con una superficie sembrada de 3499 ha y una superficie cosechada de 3428 ha; seguido del estado de Baja California con una producción de 10 904 t, una superficie sembrada de 747 ha y una superficie cosechada de 742 ha; el estado de Zacatecas con una producción de 4556 t, una superficie sembrada y cosechada de 238 ha; y Sonora con una producción de 4390 t, con una superficie sembrada y cosechada de 352 ha (SIAP, 2015b). El estado de Nayarit consume el cilantro de los estados más cercanos que cuentan con una alta producción, como el estado de Zacatecas, Sonora, Michoacán y Jalisco, debido que en el estado de Nayarit la producción de cilantro es escasa o nula (SIAP, 2015b).

3.3. Generalidades del cilantro

El cilantro es un cultivo aromático y oleaginoso, cuyo origen se ubica en el continente asiático, en las regiones comprendidas en el centro y norte de India, centro y sur de Rusia y regiones orientales de Afganistán y Pakistán. El cultivo se dispersó por los países del occidente del sur del continente europeo especialmente en Italia, España, Francia y Portugal, a través de los mercaderes que abastecían de especias y plantas exóticas traídas del lejano oriente y norte de África. Al continente americano fue llevado por los portugueses y españoles durante la conquista y colonización (Barros *et al.*, 2012; Zekovic *et al.*, 2014).

El cilantro es una planta aromática de gran interés en la cocina y en el mejoramiento de sabor de bebidas. El cilantro fue una de las primeras especies que se introdujo en América y se utilizó, entre otras aplicaciones, para conservar la carne y como hierba medicinal. Es bajo en grasa, calorías y contiene importantes cantidades de antioxidantes (Burt, 2004).

El cilantro cuenta con una amplia gama de variedades, entre las más conocidas el cilantro cimarrón que predomina en el continente Americano con clima tropical, el cilantro de castilla y patimorado que son muy dados en Colombia, y entre otras variedades que se presentan en México como el poblano, mochis, querétaro, pakistan y caribe (Martínez y Galotti, 2001; Silos-Calzada y Martínez-Ríos, 2003).

3.3.1. Principales usos del cilantro

El cilantro es usado en gran variedad en el arte culinario, en la industria alimentaria, en la preparación de bebidas alcohólicas, en la cosmetología y medicina (Burt, 2004).

Sus propiedades culinarias, medicinales y aromáticas están ligadas a su contenido de aceites esenciales o compuestos volátiles como: aceites grasos, trazas de glucósidos, taninos, oxalato cálcico, fenoles, terpenoides, aldehídos, alcanos, alcoholes, ésteres y ácidos carboxílicos (González-Palomares *et al.*, 2009; Msaada *et al.*, 2007; González-Palomares *et al.*, 2010). Una de sus principales características es su propiedad antibacteriana, que actúa como una barrera natural al consumirse en fresco (Burdock y Carabin, 2009).

El aceite esencial de cilantro es usado como saborizante y consumida como condimentos en productos como sopas, cremas, salsa de carne, dulces, bebidas alcohólicas, lociones y perfumes (Opdyke, 1973). Las semillas son usadas en la elaboración de embutidos, licores, dulces, pasteles, saborizantes y salsas picantes (Burt, 2004; Coskuner y Karababa, 2007).

La mayor parte del consumo del cilantro se inclina en el uso de la preparación de alimentos, sin embargo en aplicaciones medicinales, las hojas de cilantro secas son una fuente importante de vitamina K, que interviene en la síntesis hepática de los factores de coagulación sanguínea y en la calcificación de los huesos. Nutricionalmente, las hojas de cilantro contienen calcio y vitaminas A, B2 y C. Se dice que el cilantro es anestésico, reduce flatulencias y es afrodisiaco (Morales-Payán, 2011).

También, es usado para el tratamiento de la ansiedad e insomnio por sus propiedades estimulantes, antiespasmódicas y estomacales (Emamghoreishi *et al.*, 2005). Estudios han demostrado que el consumo frecuente de cilantro puede contribuir a reducir la concentración de colesterol, glucosa y triglicéridos en seres humanos. Otros usos no medicinales incluyen masticar las hojas de cilantro para combatir el mal aliento, machacarlas y aplicarlas en las axilas para la sudoración excesiva. También se usa como analgésico y sedante, diurético, relajante, contra parásitos intestinales, reumatismo y dolor en las articulaciones (Wangensteen *et al.*, 2004; Benjumea *et al.*, 2005; Chaudhry y Tariq, 2006; Vejdani *et al.*, 2006).

Recientemente se descubrió que el cilantro posee importantes propiedades quelantes. Las terapias de quelación son un método muy utilizado en medicina en pacientes que presentan envenenamiento por metales en la sangre, ya que en fresco logra eliminar cualquier metal pesado en sangre en menos de dos semanas de tratamiento. Por último, el cilantro es antiinflamatorio, antiespasmódica y ligeramente tonificante del sistema nervioso (Emamghoreishi *et al.*, 2005; Hashim y Lincy, 2005; Kannappan *et al.*, 2011).

3.3.2. Descripción botánica del cilantro

El cilantro es una planta anual, herbácea, de tallos erectos, lisos, cilíndricos y ramificados en la parte superior; tiene una altura de 25 a 60 cm y llega a medir hasta 90 cm de alto cuando la planta entra en su etapa de reproducción (Everhart *et al.*, 2003; Burdock y Carabin, 2009).

Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas, con segmentos ovales en forma de cuña; mientras que las superiores son bitripinnadas, con segmentos agudos. La planta florece por etapas, de modo que no salen flores en toda la planta a la vez. Las flores están agrupadas en inflorescencias en los extremos de las ramas y atraen polinizadores. Dependiendo de la variedad, sus flores son pequeñas, blancas, moradas o ligeramente rosadas, dispuestas en umbelas terminales (Morales-Payán y Stall, 2004; Morales-Payán, 2011). Los frutos son diaquenios, globosos, con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Contiene dos semillas, una por cada aquenio. Las semillas maduran en el mismo orden en que se producen las flores (Morales-Payán y Stall, 2004; Morales-Payán, 2011).

Las raíces son delgadas y muy ramificadas. Todos los órganos del cilantro contienen aceites aromáticos que se liberan cuando las células se rompen al frotar, cortar o prensar partes de la planta. Tienen un olor suave y agradable con un sabor fuerte y picante (Everhart *et al.*, 2003; Morales-Payán, 2011). Las hojas tienen la lámina plana, de color verde claro u oscuro. En casi todas las variedades el pecíolo es verde, aunque algunas lo tienen de color púrpura (Morales-Payán, 2011).

3.3.3. Calidad de productos agrícolas

Un producto de calidad es aquel que tiene la capacidad de cumplir y satisfacer las exigencias del consumidor. Así mismo, la calidad de un producto agrícola es un conjunto de características que satisfacen las necesidades establecidas e implícitas; por otra parte, la calidad comprende aspectos como el sabor, olor, color, textura, ausencia de daños y defectos, uniformidad de los lotes (que sean de la misma categoría, tamaño o calibre, color y procedencia), información del producto (origen y condiciones en las que fueron cultivadas), inocuidad (garantía de que el producto no cause daño a la salud de quien lo consume), peligro (cualquier agente biológico, químico o físico procedente del alimento, que pueda causar un efecto dañino a la salud) y cumplir con las exigencias sanitarias y fitosanitarias (FAO, 2003a).

En la actualidad, para garantizar la calidad de los productos agrícolas se han implementado las buenas prácticas agrícolas, que garantizan la inocuidad y calidad del producto en la cadena alimentaria, mejoramiento del uso de los recursos naturales, la salud de los trabajadores, condiciones de trabajo y la creación de nuevas oportunidades de mercado para los productores (FAO, 2008); las buenas prácticas de manufactura, establecen los elementos fundamentales de higiene para productos frutícolas frescos en la producción primaria (a campo y bajo cubierta), empaque, almacenamiento y transporte, a fin de lograr alimentos inocuos y aptos para el consumo humano (FAO, 2003b); y análisis de peligros y puntos críticos de control, identifican peligros específicos y medidas de control para garantizar la inocuidad de los alimentos; sin embargo, puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria y su aplicación se basa en pruebas científicas de peligros para la salud humana (FAO, 1999; FAO, 2014).

Sin embargo, a medida que cambian las preferencias del mercado y las exigencias del consumidor, también cambian los estándares y grados de calidad establecidos.

3.3.4. Calidad del cilantro

La calidad del cilantro depende de los aspectos anteriormente descritos y su apariencia deriva de atributos como la textura, color y sabor (Ariel *et al.* 2009).

La apariencia del cilantro es un indicador de la frescura del producto y también está relacionada con el tamaño, donde la altura de cilantro debe ser entre 21 cm a 26 cm de longitud (Hernández-Dávila *et al.*, 2004; Marín-Pimentel, 2010; Carrillo-Becerra *et al.*, 2015); su forma debe estar en estado fresco y entero, de color verde, libre de hojas amarillentas, sin daños causado por plagas y de cualquier olor y/o sabor extraño, limpio, sano, libre de pudrición y plagas (IICA, 2007; Marín-Pimentel, 2010). Con respecto al valor nutracéutico, depende de su composición y su estado de maduración (Ariel *et al.* 2009).

3.4. Capacidad antioxidante

Un antioxidante es considerado como cualquier componente hábil de oponerse a la oxidación celular. Así la capacidad antioxidante es la capacidad de captar radicales libres (especies reactivas de oxígeno) anulando peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes (Guo *et al.*, 2009; Fadel *et al.*, 2011). Por lo que la capacidad antioxidante es capaz de retrasar o impedir la oxidación celular, conteniendo la propagación de las reacciones en cadena de oxidación (Agudo-Cabrera *et al.*, 2007; Delgado-Olivares *et al.*, 2010).

La oxidación celular perturba el equilibrio entre los prooxidantes y antioxidantes, favoreciendo a los prooxidantes causando cambios en las biomoléculas (Delgado-Olivares *et al.*, 2010). Así mismo, cuando la oxidación celular se produce en la sangre y en los tejidos de los seres vivos incrementa la degradación de las biomoléculas causado por los radicales libres y provoca la muerte celular (Irigaray *et al.*, 2007).

Por lo anterior, los compuestos antioxidantes como los compuestos fenólicos son de gran interés por los beneficios en la salud humana (Echavarría *et al.*, 2009).

En la actualidad, los antioxidantes naturales que provienen de plantas son usados en diferentes campos de la industria farmacéutica, alimentaria y en la medicina. Los antioxidantes naturales como la quercetina, α -tocoferol y el β -caroteno presentan una actividad comparable con antioxidantes sintéticos de mayor uso como el 2-terbutilhidroxitolueno (BHT) y el 2-terbutilhidroxianisol (BHA); sin embargo, los antioxidantes sintéticos presentan la desventaja de ser tóxicos (Mesa-Vanegas *et al.*, 2010).

Dentro de los principales beneficios de los compuestos antioxidantes son que mediante dietas a base de frutas y vegetales ayudan a eliminar toxinas y reducir el índice de enfermedades cardiovasculares, crónicas y degenerativas asociados con el daño oxidativo (Ochoa y Ayala, 2004; Naczki y Shahidi, 2006). En este sentido, estos efectos protectores han sido asociados con la presencia de compuestos antioxidantes (García-Alonso *et al.*, 2004; Arts y Hollman, 2005). Así mismo, los antioxidantes están presentes en todos los órganos de la planta e incluyen ácido ascórbico, carotenoides, vitamina E y compuestos fenólicos (Larson, 1997).

3.5. Metabolismo primario y secundario

El metabolismo está compuesto por reacciones químicas que son producidas por las células de las plantas para degradar sustancias complejas y obtener sustancias simples, o viceversa. Por otra parte, el metabolismo de las plantas está compuesto por el metabolismo primario que está presente en todos los seres vivos, y el metabolismo secundario que se ubica entre grupos taxonómicos, presenta propiedades biológicas, y se distingue por sus aplicaciones en insecticidas, herbicidas, perfumes, colorantes y medicamentos (Ávalos-García y Pérez-Urria-Carril, 2009).

Las principales rutas de biosíntesis del metabolito secundario derivan del metabolismo primario del carbono (Figura 1), y se agrupan en tres clases principales:

- Terpenos.
- Alcaloides.
- Compuestos fenólicos.

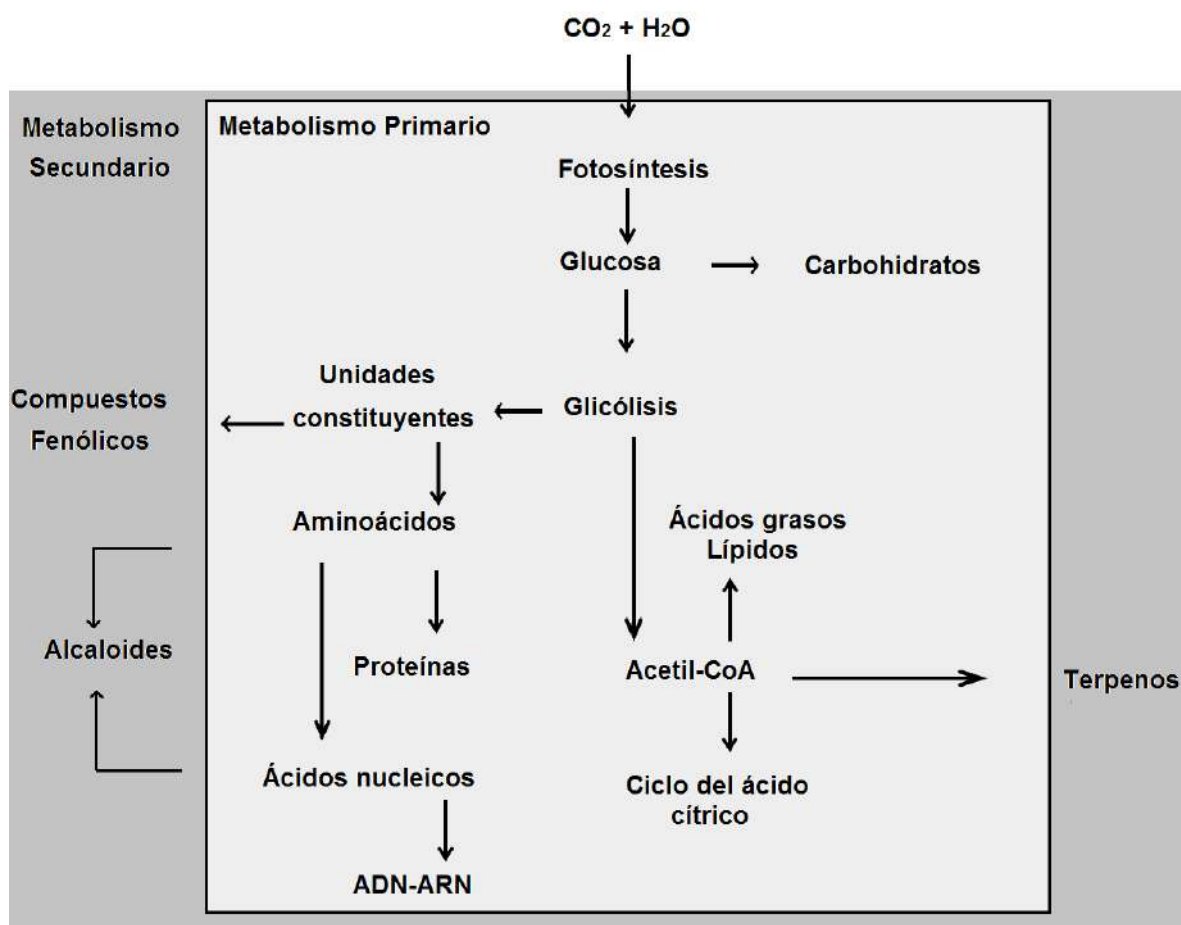


Figura 1. Síntesis de los compuestos fenólicos. Fuente: Ávalos-García y Pérez-Urria-Carril (2009).

3.5.1. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas (Muñoz-Jáuregui *et al.*, 2007); así mismo, dentro de las principales funciones de estos compuestos son actuar en contra de amenazas potenciales de depredadores o antimicrobios, proteger en contra de la radiación UV y contribuyen a la pigmentación de las frutas y flores, y a la acidez de algunos productos (Muñoz-Jáuregui *et al.*, 2007; Kumar y Pruthi, 2014).

La característica general de los compuestos fenólicos es que presentan anillos aromáticos unidos por lo menos a un grupo oxhidrilo; siendo el ácido benzoico la estructura más sencilla y junto con otros sustituyentes se forman ácidos fenólicos como el cafeico, ferúlico, cumárico y cinámico (Mattila *et al.*, 2006; Srinivasan *et al.*, 2007).

Los compuestos fenólicos están generalmente presentes en bajas concentraciones, pero en algunos casos, pueden alcanzar o superar niveles de 0.1 % (Seeram *et al.*, 2006). En relación a esto, la presencia de niveles altos de estos compuestos en los frutos presentan una propiedad benéfica para el consumidor, debido a que previenen enfermedades de origen cardiaco e inmunológico (Ochoa y Ayala, 2004; Naczk y Shahidi, 2006).

Por otra parte, se han identificado diferentes compuestos fenólicos y han sido subdivididos en distintas subclases, como los ácidos fenólicos, polifenoles, ésteres, flavonoides y otros compuestos, como lignanos, estilbenos, taninos, cumarinas y ligninas (Cai *et al.*, 2006; Naczk y Shahidi, 2006).

3.5.2. Flavonoides

Los flavonoides son el grupo más común de los compuesto fenólicos (Schieber *et al.*, 2001; Ochoa y Ayala, 2004), tienen importantes propiedades antioxidantes y minimizan el efecto de radicales libres contribuyendo a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares; además se utilizan para tratar enfermedades relacionadas con procesos inflamatorios y presentan actividad hepática protectora, antialérgica, anticancerígena y antibacteriana (Bedascarrasbure y Maldonado, 2004). Si bien es cierto, los flavonoides presentan una importancia en la medicina; también esta radica en el desarrollo y funcionamiento de las plantas al funcionar como protectores contra la radiación UV, microorganismos, animales herbívoros y del medio ambiente (Muñoz-Jáuregui *et al.*, 2007). Con lo que respecta en usos culinarios, sus propiedades influyen en el sabor o la dulzura de los alimentos; en la industria cosmética son empleados por su actividad desodorante y reductora de la hiperpigmentación causada por la vejez (Wolff *et al.*, 2007; Roca-Marugán y Pelechà, 2013).

Los flavonoides representan un grupo largo de compuestos fenólicos con dos anillos aromáticos en su estructura que están unidos por un 3C- heterociclo oxigenado; a nivel celular, están compartimentados en las vacuolas (Bedascarrasbure y Maldonado, 2004).

Además, los flavonoides presentan una estructura básica que consta de dos anillos bencénicos en los extremos de la molécula, unidos por un anillo de tres átomos de carbono donde se le pueden adicionar grupos como oxhidrilos, metilos y azúcares (Bedascarrasbure y Maldonado, 2004); generándose de esta manera diferentes clases de

flavonoides: chalconas, flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanoles, isoflavonas y antocianidinas (Figura 2) (Naczki y Shahidi, 2006; Cai *et al.*, 2006).

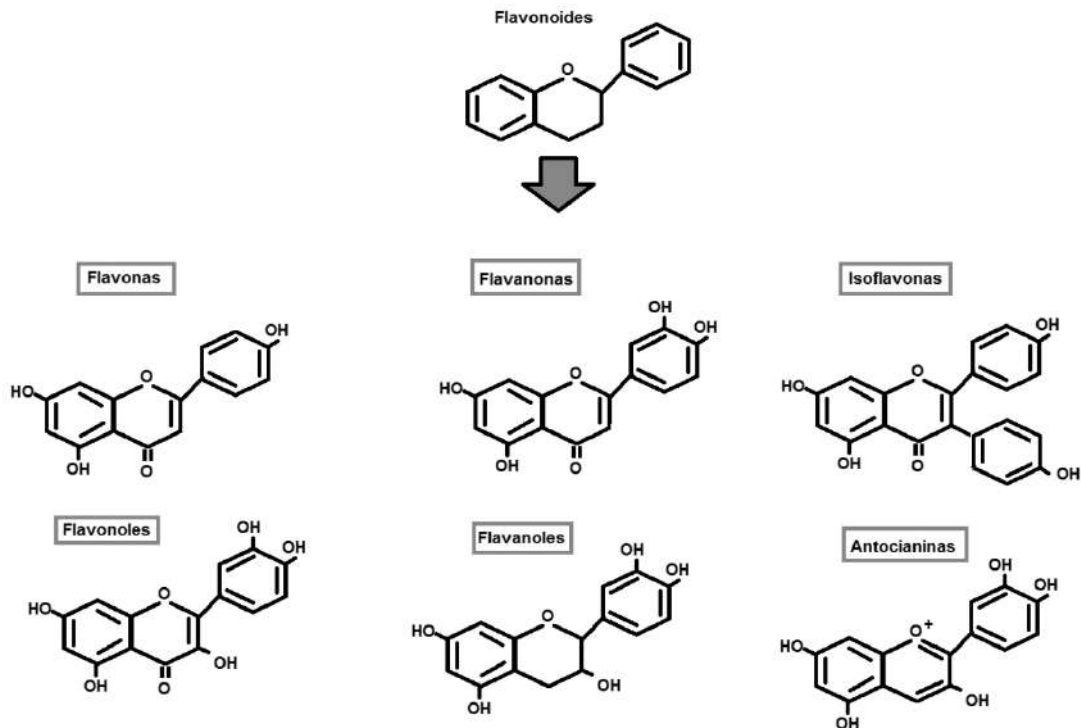


Figura 2. Clases y estructuras de flavonoides. Fuente: Bedascarrasbure y Maldonado (2004), Cai *et al.* (2006).

3.6. Factores que afectan la actividad antioxidante, fenoles y flavonoides

Existen varios factores que afectan los compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante en las plantas, como la diversidad genética, factores ambientales, como la intensidad de la luz y temperatura; almacenamiento, origen geográfico, factores tecnológicos y condiciones climáticas (Niemenak *et al.*, 2006); así mismo, los factores climáticos influyen en la calidad del cultivo (Raffo *et al.*, 2006).

La temperatura y la luz afectan la estabilidad de la calidad de las plantas debido a la participación de reacciones de degradación química y enzimática, pérdidas por volatilización o descomposición térmica (Larrauri *et al.*, 1997). Sin embargo, los compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante disminuyen con el paso del tiempo de almacenamiento (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2013).

Finalmente, entre otros factores que afectan la calidad de las plantas, se encuentra el estado fisiológico del cultivo, el momento de la cosecha y la fertilización (Chiesa, 2010).

3.7. Suelo y sustratos en la producción agrícola

3.7.1. Problemática de los suelos en la agricultura

México cuenta con 112 349 110 hectáreas de superficie agrícola (INEGI, 2013), en el cual los suelos áridos y semiáridos predominan en la superficie nacional (aproximadamente el 50%) y se ubican principalmente en la zona norte del país; donde 85 millones de hectáreas presentan algún tipo de degradación (FAO, 2015). La degradación del suelo es uno de los problemas más importantes que se encuentran en la superficie nacional a causa del uso indiscriminado de fertilizantes y productos químicos que provocan la pérdida de materia orgánica, cambios en el pH y disminución de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Aslantas *et al.*, 2007; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010; Beltrán-Morales *et al.*, 2009), lo cual tiene influencia en la disponibilidad de los nutrimentos, y como consecuencia se obtienen bajos rendimientos y menor calidad. Otro de los problemas que enfrenta la agricultura en suelo es la incidencia persistente de plagas y enfermedades fungosas en la raíz, ya que dependiendo del cultivo se pueden obtener pérdidas en la producción y pérdidas económicas (Garret, 1981; Agrios, 1988; Campbell y Madden, 1990).

Lo anterior, aunado a la facilidad de traslado de plantas en contenedor ha contribuido en el cambio que han presentado los sistemas de producción agrícola en suelo, donde éste se ha sustituido paulatinamente por el uso de medios de crecimiento, por lo general bajo condiciones protegidas, dado que la utilización de sustratos contribuyen a un desarrollo apropiado de la planta, altos rendimientos de los cultivos y con alta calidad (Fonteno, 1993; Fonteno *et al.*, 2003). Además de que uso de estos brinda un mayor control de enfermedades y/o plagas, debido a que una de las ventajas es si una planta se infecta puede ser tratada con facilidad y puede ser eliminada antes de que infecte a las demás plantas a través del suelo (Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

3.7.2. Sustratos

De acuerdo a Cruz-Crespo *et al.* (2012a), el término sustrato para el cultivo de plantas es “todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrimentos, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales deberán ser colocados en un contenedor.”

La finalidad del uso de sustratos es garantizar la germinación de la semilla y proporcionar la aireación que necesitan las raíces de las plantas para el suministro de oxígeno y nutrientes; esto dependerá principalmente del tamaño y distribución de los poros, además de proporcionar una adecuada retención de agua disponible (Ansorena, 1994).

Sin embargo, a comparación del suelo, el uso de sustratos deberá aportar cantidades importantes de nutrimentos que satisfagan las necesidades del cultivo, mediante la mezcla de diferentes tipos de materiales o el sustrato puro (Arancon *et al.*, 2008; Adi y Noor, 2009; Pramanik *et al.*, 2009; Jouque *et al.*, 2011). Por otro lado, el uso de este tipo de materiales bajo invernadero aumenta y garantiza la producción durante todo el año y se previenen contratiempos ambientales (Berenguer *et al.*, 2003; Incrocci *et al.*, 2003).

Al respecto, el uso de sustratos en invernadero en cultivos hortícolas ha incrementado en las últimas décadas (Acuña *et al.*, 2013). En países como España, el uso de sustratos como medios de crecimiento se realiza en el 20 % de sus invernaderos (Céspedes *et al.*, 2009).

En México, la turba (peat moos) y tierra de monte, son sustratos de origen natural no renovables más utilizados para la producción de plantas en trasplante de hortalizas y cultivos ornamentales (Hanson, 2003; Abad *et al.*, 2004). No obstante, la turba y tierra de monte presentan diversas problemáticas de uso, debido que son materiales de alto costo para la producción de cultivos en contenedor y ocasionan un efecto negativo ambiental, que se relaciona directamente con el ciclo del agua, mantenimiento de ecosistemas y biodiversidad (García *et al.*, 2001; Favaro *et al.*, 2002; Abad *et al.*, 2004). Sin embargo, en algunas zonas productoras de plantas ornamentales existen subproductos de la agroindustria y otros materiales naturales que podrían usarse como sustratos o como un componente de mezcla de sustratos para sustituir el uso del suelo (García *et al.*, 2001).

Dentro de los materiales más utilizados en México como sustratos de origen mineral se encuentran el tezontle, perlita y jal (Cruz-Crespo *et al.*, 2012a). La utilización de un material u otro dependerá de ciertos criterios, como el material disponible que se encuentre en la región, aspectos económicos y tipo de cultivo que se utilizara para que las plantas tengan las mejores condiciones de crecimiento (Fernández-Bravo *et al.*, 2006). En Nayarit se pueden encontrar diversos materiales que pueden explotarse como sustratos, tales como el tezontle, jal, desechos orgánicos tales como el hueso de mango, estiércoles, bagazo de caña y cascarilla de arroz.

3.7.2.1. Propiedades de sustratos

Las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los sustratos influyen principalmente en la calidad de los cultivos. La aireación y el contenido de agua que brindan los sustratos causan el buen desarrollo y funcionamiento de las raíces de las plantas, que aunado a esto, son capaces de influir sobre el abastecimiento nutricional para los cultivos (García *et al.*, 2001).

3.7.2.2. Propiedades físicas de sustratos

Las propiedades físicas de un sustrato son consideradas las más importantes, ya que si éstas son inadecuadas, difícilmente se podrán mejorar una vez establecido el cultivo, por lo que su caracterización previa es necesaria (Cabrera, 1999). Las principales características físicas a evaluar del sustrato son: porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de humedad, densidad aparente, densidad de partículas y tamaño de partícula (Ansorena, 1994).

3.7.2.2.1. Porosidad total

La porosidad total está conformada por los microporos encargados de retener el agua y macroporos que permiten la aireación y drenaje. Esto quiere decir, que es el volumen total del sustrato que no está ocupado por partículas y su valor óptimo de porosidad es superior al 85 %. Esto favorece a productos cultivados en sustratos que puedan aportar mayor disponibilidad de aire y solución nutritiva a la planta (Baixauli-Soria y Aguilar-Olivert, 2002).

3.7.2.2.2. Capacidad de aireación

La capacidad de aireación se encarga de suministrar aire a las raíces de la planta, esto significa que es la proporción de volumen del sustrato que contiene aire una vez que haya sido saturado con agua y dejado drenar. Según Ansorena (1994) el valor óptimo de la capacidad de aireación se encuentra entre el 10 y 30 %. No obstante, Baixauli-Soria y Aguilar-Olivert (2002) indican que el valor óptimo se sitúa entre 20 y 30 %.

3.7.2.2.3. Capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad se define como la cantidad de agua retenida en el sustrato después de haber sido saturada y dejarla drenar, sus valores óptimos se encuentran entre 55 y 70 % (Ansorena, 1994).

3.7.2.2.4. Densidad aparente

La densidad aparente es la materia seca expresada en gramos contenida en un centímetro cúbico del sustrato. Los bajos valores de densidad aparente son fáciles de manipular y su valor óptimo se encuentra cerca de 0.4 g cm^{-3} (Baixauli-Soria y Aguilar-Olivert, 2002).

3.7.2.2.5. Densidad de partículas

La densidad de partículas se define como el cociente entre la masa de las partículas del sustrato y el volumen que ocupa, pero no se consideran los poros y huecos; según Ansorena (1994) su valor óptimo oscila entre 1.45 y 2.65 g cm^{-3} .

3.7.2.2.6. Tamaño de partícula

Esta propiedad tiene un importante efecto sobre las características físicas del sustrato, debido que modifica la proporción humedad-aire. Por otra parte, el riego se define por consecuencia de la granulometría del sustrato que determina el tamaño, distribución de los poros y la proporción humedad-aire (Vargas-Tapia *et al.*, 2008).

Las propiedades físicas de los sustratos descritas anteriormente pueden ser afectadas por el uso continuo, ocasionando la degradación del sustrato y alterando la estructura del poro, así afectando el manejo y el comportamiento del cultivo (Verhagen, 2009; Acuña *et al.*, 2013).

3.7.2.3. Propiedades químicas de sustratos

A diferencia de las propiedades físicas indicadas, las propiedades químicas pueden ser modificadas a lo largo de un ciclo de producción, mediante el manejo de soluciones nutritivas (Cabrera, 1999; Ludwig *et al.*, 2001). Así pues, la evaluación inicial de las propiedades químicas de un sustrato se concentra principalmente en aquellos parámetros que podrían afectar significativamente el cultivo en su fase de establecimiento, en especial el potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), que influyen en el suministro óptimo de nutrientes (García *et al.*, 2001).

3.7.2.3.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrogeno corresponde a la escala de valoración de la acidez y alcalinidad de una solución (Chang, 2006). La importancia del pH radica en que refleja la existencia de toxicidades para las raíces de las plantas, regula la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes minerales (Ansorena, 1994). Un valor óptimo de pH se ubica entre 5.0-6.5, para mezclas sin suelo pH entre 5.4-6.0, y para sustratos mezclados con suelo mineral a porcentajes menores de 20 % pH entre 6.2-6.8 (Fonteno, 1994; Abad *et al.*, 2004).

3.7.2.3.2. Conductividad eléctrica (CE)

Debido al volumen reducido del medio de cultivo en contenedores que disponen las raíces de las plantas, la concentración de sales suele ser elevada; esto es causado por un aporte excesivo de nutrientes minerales respecto a las cantidades absorbidas por la planta y perdidas por lixiviación (Ansorena, 1994). Para tal efecto, esta salinidad se mide por el contenido en sales disueltas o por su conductividad eléctrica; esto quiere decir, cuanto más elevada sea la concentración de sales disueltas, mayor será la CE; por lo tanto, los valores adecuados para los sustratos en la CE son aproximadamente de 0.2 dS m^{-1} (Baudoin *et al.*, 2002).

3.7.2.3.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC es uno de los parámetros más importantes para definir la fertilidad del suelo (Iturri y Buschiazzo, 2014). En sustratos, la CIC indica la capacidad para unir y liberar cationes, y esta capacidad de retención de cationes está relacionada con la cantidad de coloides con cargas negativas (Aran *et al.*, 2008; Saidi, 2012).

Estas cargas negativas pueden ser permanentes, pero algunos compuestos minerales, sobre todo los grupos ácidos del humus, pierden iones H^+ a medida que aumenta el pH; es decir, la CIC del sustrato aumentará con el pH (Ansorena, 1994).

3.7.3. Tezontle

En México, el tezontle es el sustrato más utilizado para la producción de hortalizas y flores (Prasad y Chualán, 2004), también es uno de los menos conocidos en cuanto a sus propiedades físicas (porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de humedad, densidad aparente y densidad de partículas) y propiedades químicas (pH y CIC) (Vargas-Tapia *et al.*, 2008). El tezontle tiene estabilidad física y no contiene sustancias tóxicas (Trejo-Téllez *et al.*, 2013), además es considerado como inerte desde el punto de vista químico, tiene un pH de 7.1, CE de 0.08 dS m^{-1} , CIC de 2.7 cmol kg^{-1} y buena capacidad de aireación de 31.7 % (Cruz-Crespo *et al.*, 2010; Cruz-Crespo *et al.*, 2012b).

El uso de tezontle como medio de cultivo se ha estudiado en la producción de hortalizas desde aproximadamente 15 años (Ojodeagua-Arredondo *et al.*, 2008). Otros usos del tezontle han sido empleados para la construcción de cimientos, muros, bóvedas y rellenos (Rodríguez-Morales, 2011).

Por otra parte, el tezontle está constituido de diferentes materiales minerales, como el oxígeno, que conforma la mayor parte del tezontle (86-88 %); silicio (4-5 %), el segundo material con mayor abundancia en el tezontle; hierro (3-4 %), aluminio (1-2 %), calcio (1-2 %), potasio (0.5-1 %) y magnesio (0.5-1 %) (Chávez y Arreygue, 2011).

3.7.4. Cascarilla de arroz

La planta de arroz (*Oryza sativa* L.) está constituida por cuatro componentes principales: el germen, es la parte más rica en nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos y enzimas; el endospermo, representa cerca del 70 % del volumen del grano; la cutícula o polvillo,

utilizado como alimento para animales por su alto contenido de grasas; y la cáscara o pajilla, que constituye aproximadamente el 20 % en peso del grano (Gutiérrez, 1998).

La cascarilla de arroz es un desecho agroindustrial que se produce en altos volúmenes en las zonas arroceras y ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico (Ahumada y Rodríguez, 2006).

La cascarilla quemada es un material orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de alto volumen y puede utilizarse como medio de crecimiento a partir de mezclas con otros materiales orgánicos o minerales, es mezclado debido a su baja capacidad de retención de humedad, alto drenaje y elevada aireación (Mandal *et al.*, 2004). Quintero *et al.* (2013) reportan que la cascarilla de arroz logra valores cercanos al 92 % de porosidad total.

Dentro de este marco, también se le han dado otros usos a la cascarilla de arroz; como la capacidad que muestra para remover iones de cromo en aguas simuladas en condiciones de laboratorio (Doria-Herrera *et al.*, 2011). Otros de los usos están enfocados en la producción de gas para posteriormente producir hidrógeno, el cual se obtiene de forma renovable cuando proviene de la biomasa de la cascarilla de arroz (Holladay *et al.*, 2009). Por otra parte, los desechos de arroz derivados de su procesamiento son utilizados para la obtención de silicatos de calcio (Ahumada y Rodríguez, 2006). En la industria cerámica se encuentran las aplicaciones más importantes de los silicatos de calcio, como la fabricación de cerámicas tenaces, biocerámicas, porcelanas dieléctricas y conformación de vidrios bioactivos (Kotsis y Balogh, 1989). Así mismo, mediante el silicato de calcio se producen resinas y plásticos, como el poliéster, polivinilo, nylon y polipropileno (Taylor, 1978).

En México se pueden encontrar empresas arroceras de cascarilla de arroz situadas en los estados de Jalisco, Colima, Campeche, Sinaloa, Guanajuato y Nayarit. El estado de Nayarit cuenta con empresas arroceras ubicadas en el municipio de Ixtlán del Río y Compostela. Actualmente el valor del arroz por kilogramo oscila entre 10 y 26 pesos, la variación del valor depende de la ubicación de producción y variedad del arroz (ASERCA, 2015). Así mismo, en México se registra una producción de 179 775 t de arroz, ocupando el segundo lugar a nivel nacional el estado de Nayarit con una producción de 32 260 t y una superficie sembrada y cosechada de 6832 ha, solo detrás del estado de Veracruz con una producción de 32 354 t y una superficie sembrada y cosechada de 4915 ha (SIAP, 2015b).

3.7.5. Jal

La jal también llamada piedra pómez o pumita, es una roca ígnea volcánica, de baja densidad, muy porosa, blanca o gris (Marulanda *et al.*, 2014). En comparación con las propiedades físicas de la cascarilla de arroz, la jal presenta menos porosidad, retiene mayor humedad y la capacidad de aireación es menor (Marulanda *et al.*, 2014). García *et al.* (2001) indican que la jal presenta en sus propiedades físicas una porosidad total de 66.6 %, capacidad de retención de humedad 45.2 % y capacidad de aireación 21.4 %; y en sus propiedades químicas pH de 6.9 y CE 2.4 dS m⁻¹.

Además, la jal es también utilizada como medio de crecimiento y se recomienda utilizarlo con o sin mezcla con otros materiales (García *et al.*, 2001). Así mismo, la jal tiene otros usos, como catalizador (García *et al.*, 1992), filtro para reducir el contenido de alquitrán en el humo del cigarrillo (Marulanda *et al.*, 2014) y como material de preservación o conservador de microorganismos (Morales-García *et al.*, 2010).

La jal está constituida de óxido de sílice (51 %), alúmina (26 %), óxido de potasio (4.99 %), óxido de sodio (3.86 %), óxido ferroso (3 %), óxido de calcio (1.77 %), óxido de magnesio (1.39 %) y óxido de titanio (0.61 %) (García *et al.*, 1992).

Este material lo podemos encontrar en diversos estados del país, como Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán y Distrito Federal. Nayarit tiene la ventaja de ser un estado rico en jal; este material se puede encontrar en la mayor parte del territorio del estado, como puede ser en el municipio de Tepic, Xalisco, Compostela e Ixtlán del Rio (Periódico Oficial, 2008).

3.7.6. Lombricomposta

La norma mexicana de humus de lombriz NMX-FF-109-SCFI-2008 (2008), indica que la lombricomposta es el producto obtenido de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante el uso de una alta densidad de población de lombrices de tierra, denominada lombricultura, de las cuales la más usada y conocida es la lombriz roja o californiana (*Eisenia foetida*), al igual que esta lombriz existen otras especies para la producción de lombricomposta como son *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* y *Helodrilus caliginosus*.

La lombricomposta está compuesta principalmente de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno (Montaño-Mata *et al.*, 2009) y se utiliza fundamentalmente como mejorador de suelo (donde han sido explotados y expuestos a aplicaciones excesivas de agroquímicos), recuperador orgánico de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, como sustrato para cultivos hortícolas en invernadero, actúa como regulador de crecimiento debido a que contiene sustancias activas, además de elevar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y contiene alto contenido de ácidos húmicos (Ndegwa *et al.*, 2000; Urrestarazu *et al.*, 2001; Durán y Henríquez, 2009); además el contenido nutrimental de la lombricomposta dependerá de su origen (Theunissen *et al.*, 2010) y provee todos los nutrientes que contiene en forma fácilmente disponible y por tanto mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Nagavallemmam *et al.*, 2004), debido por la actividad de las lombrices y dinámica microbiana y bioquímica que se establece durante el proceso del lombricompostaje (Domínguez, 2004; Hernández *et al.*, 2010).

Para obtener lombricomposta de buena calidad, debe de cumplir parámetros como: pH neutro (6.7-7.3), materia orgánica superior a 28 %, concentración de nitrógeno superior a 2 % y relación C/N entre 9 y 13 (Ansorena, 1994).

Con respecto a la relación C/N, si se presenta un valor mayor a 25 en los residuos vegetales, significa que el proceso de descomposición es más largo, causando una inmovilización temporal del nitrógeno. Cuando hay una relación menor a 20 la descomposición de la materia orgánica es muy rápida y el nitrógeno se inmoviliza temporalmente dentro de los microorganismos y posteriormente es liberado del medio y no estará disponible para las plantas; por otra parte, cuando la relación C/N se encuentra en valores entre 20 y 25 hay un equilibrio adecuado en la producción de humus y el nitrógeno estará disponible para las plantas (Stevenson, 1986; Epstein, 1997; Foth y Ellis, 1997).

La lombricomposta dentro de sus propiedades físicas contiene una alta porosidad (61 %), y lo hace tener mayor aireación y drenaje (Dominguez y Edwards, 2004; Hernández *et al.*, 2008).

Por otra parte, dentro de las características fisicoquímicas de la lombricomposta se producen efectos positivos, tanto en la planta como en el sustrato, ya que este material en mezcla mejora la estructura del sustrato y facilita la formación de agregados estables lo que aumenta la permeabilidad y estimula un mayor desarrollo de la planta (Félix-Herrán *et al.*, 2010).

No obstante, será difícil que la lombricomposta por sí sola, presente condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas; por ello será necesario hacer mezclas con otros materiales que presenten diferentes propiedades fisicoquímicas para la elaboración de un nuevo sustrato para obtener condiciones cercanas a las adecuadas y mejores condiciones de crecimiento para las plantas (Nelson, 1999; Strojny y Nowak, 2001).

3.8. Uso de diferentes materiales orgánicos como sustratos en plantas aromáticas

Existen diferentes materiales orgánicos e inorgánicos utilizados como sustratos para el cultivo de diversas plantas aromáticas. Bachman y Metzger (2008) obtuvieron en planta de aciano (*Centaurea cyanus* L.) mayor peso de biomasa fresca y área foliar cultivado en sustrato comercial (80 %) en mezcla con lombricomposta (20 %) en relación con sustrato comercial al 100 %. Por su parte, Hidalgo-Loggiodice *et al.* (2009) reportaron en cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) mayor altura de planta, área foliar y diámetro del tallo en sustratos de residuos vegetales: lombricomposta (95:5, v/v), en relación con mayores proporciones de lombricomposta (80:20 y 90:10; v/v), además de un testigo (100 % de residuos vegetales).

Bajo este contexto, en México es poca la información reportada sobre el estudio de plantas aromáticas, como el cilantro, en medios de crecimiento y otros factores como la época del año sobre el crecimiento y calidad, motivo por el cual se planteó la presente investigación.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en condiciones de invernadero en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit (21°25'31.6" latitud, 104°53'30.5" longitud y una altitud de 974 m) la cual se ubicada en el municipio de Xalisco, Nayarit. El cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) se estudió en diferentes sustratos y dos ciclos de producción. El primer ciclo de producción comprendió del 1 al 30 de octubre de 2013. El segundo ciclo de producción comprendió del 5 de febrero de 2014 al 6 de marzo de 2014. Para lo cual el trabajo de investigación se dividió en cuatro fases de trabajo:

Fase 1: Caracterización y selección de lombricomposta.

Fase 2: Elaboración y caracterización de mezclas de sustratos.

Fase 3: Establecimiento del experimento del primer ciclo de producción.

- Variables evaluadas
 - Variables de crecimiento.
 - Variables de contenido nutrimental.
 - Variables de poscosecha.

Fase 4: Establecimiento del experimento del segundo ciclo de producción.

- Variables evaluadas
 - Variables de crecimiento.
 - Variables de contenido nutrimental.
 - Variables de poscosecha

4.1. Fase 1: Caracterización y selección de lombricomposta

Previamente al establecimiento del experimento se eligió la lombricomposta a utilizar; para esto se colectaron cinco materiales lombricompostados que se obtuvieron con productores comerciales en Jalcocotan ubicado en el municipio de San Blas, Nayarit, y en San Cayetano en Tepic, Nayarit. La lombricomposta L1 estuvo constituida de estiércol ovino y cenizas de caña; la lombricomposta L2 de hueso de mango, estiércol bovino y cachaza de caña; la lombricomposta L3 de pulpa de café, estiércol bovino, cenizas de caña y bagazo de mango; la lombricomposta L4 de bagazo de mango; y finalmente la lombricomposta L5 de estiércol bovino. Estos fueron caracterizados en sus propiedades físicas y químicas.

4.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas evaluadas fueron: porosidad total (PT), capacidad de aireación (CA) y capacidad de retención de humedad (CRH). La PT, CA y CRH se determinaron mediante la metodología de Landis (2000), por lo que se utilizó contenedores de PVC con perforaciones en la base; se colocó la lombricomposta húmeda hasta el nivel del contenedor aproximadamente 1000 mL (VL1) y se saturaron con agua de la llave. Después se dejaron drenar y se midió el agua drenada (VL2). Se pesó la lombricomposta húmeda (LH) y posteriormente se secó la lombricomposta (LS) a 70 °C en una estufa BLUE M (Modelo SINGLE WALL 17TA, Michigan, USA). Para el cálculo de las propiedades físicas se utilizó las formulas siguientes:

$$PT(\%) = \frac{VL2 + LH - LS}{VL1}$$

$$CA(\%) = \frac{VL2}{VL1}$$

$$CRH(\%) = \left(\frac{LH - LS}{VL1} \right) 100$$

Los datos de las propiedades físicas de las lombricompostas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades físicas, pH y CE de las lombricompostas. Xalisco, Nayarit. 2013.

Lombricomposta	PT	CA	CRH	pH	CE (dS m ⁻¹)
	-----%-----				
L1	69.51	2.82	66.68	6.5	6.54
L2	71.54	5.40	66.14	7.0	9.68
L3	72.10	7.90	64.20	7.0	10.12
L4	80.75	5.22	75.53	6.8	10.93
L5	70.50	4.87	65.63	8.2	6.09

L1: Estiércol ovino y cenizas de caña; L2: Hueso de mango, estiércol bovino y cachaza de caña; L3: Pulpa de café, estiércol bovino, cenizas de caña y bagazo de mango; L4: Bagazo de mango; L5: Estiércol bovino; PT= Porosidad total; CA= Capacidad de aireación; CRH= Capacidad de retención de humedad; CE= Conductividad eléctrica.

4.1.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas evaluadas fueron: pH y conductividad eléctrica (CE). La lectura del pH y CE se efectuaron en el extracto acuoso del sustrato. En un vaso precipitado se colocaron 5 g de lombricomposta y se mezcló con 20 mL de agua destilada. El pH se midió con un potenciómetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Star A121, Massachusetts, USA) y la CE se midió con un conductímetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Star A122, Massachusetts, USA) sumergiéndolos en la solución del extracto (Aendekerk *et al.*, 2000). Los datos de las propiedades químicas de las lombricompostas se muestran en el Cuadro 1.

Las lombricompostas presentaron valores de PT inferiores al 85 %. Las lombricompostas L1 y L5 mostraron el porcentaje más bajo de PT (69.51 y 70.50 %) y CA (2.82 y 4.87 %). En la CRH, las lombricompostas presentaron valores dentro del intervalo apropiado (55-70 %) a excepción de la lombricomposta L4 (75.53 %). En pH, la lombricomposta L5 mostró un pH de 8.2 superior a las demás. Finalmente en CE, las lombricompostas L1, L2 y L5 mostraron CE de 6.54, 9.68 y 6.09 dS m⁻¹, respectivamente; mientras que las lombricompostas L3 y L4 presentaron mayores valores (10.12 y 10.93 dS m⁻¹). En relación a los resultados anteriores, se descartaron las lombricompostas L1, L3, L4 y L5 para realizar las mezclas de sustratos. De acuerdo con los valores en las propiedades físicas y químicas de los sustratos que reportan Ansorena (1994), se seleccionó la lombricomposta L2 constituida de hueso de mango, estiércol bovino y cachaza de caña debido que mostró las mejores propiedades.

4.2. Fase 2: Elaboración y caracterización de mezcla de sustratos

Una vez seleccionada la lombricomposta L2 se mezcló con los materiales de tezontle, jal o cascarilla de arroz en diferentes proporciones (Cuadro 2) y se obtuvieron sus propiedades físicas (PT, CA y CRH) y propiedades químicas (pH y CE).

Se compararon las propiedades físicas y químicas, y se seleccionaron las proporciones de las mezclas de sustratos que presentaron valores más cercanos a los ideales reportados por Ansorena (1994).

Las proporciones de sustratos que se establecieron fueron: 100 % para lombricomposta, tezontle y jal; 80:20 mezcla de sustrato de lombricomposta con tezontle, jal o cascarilla de arroz; 65:35 mezcla de sustrato de lombricomposta con tezontle, jal o cascarilla de arroz; 20:80 mezcla de sustrato de lombricomposta con tezontle o jal (Cuadro 2). El tamaño de partícula de los materiales seleccionados fue de 0.5-1 mm para lombricomposta, 1-7 mm para tezontle, 0.5-3 mm para jal y 2-5 mm para cascarilla de arroz.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de las mezclas de sustratos. Xalisco, Nayarit. 2013.

Sustrato	PT	CA	CRH	pH	CE (dS m ⁻¹)
	-----%-----				
Tezontle 100 %	80.57	46.60	33.97	7.2	1.48
Jal 100 %	67.53	18.50	49.03	6.95	0.48
Lombricomposta 100 %	71.54	5.40	66.14	7	9.68
Lombricomposta-Tezontle 80:20	62.50	10.97	51.53	6.7	1.92
Lombricomposta-Jal 80:20	54.23	2.83	51.40	6.7	5.36
Lombricomposta-Cascarilla de arroz 80:20	62.67	12.10	50.57	7	8.67
Lombricomposta-Tezontle 65:35	79.90	18.53	51.37	6.75	2.62
Lombricomposta-Jal 65:35	57.33	6.57	50.77	6.65	5.42
Lombricomposta-Cascarilla de arroz 65:35	70.60	20.10	50.50	7.65	5.09
Tezontle-Lombricomposta 80:20	80.30	28.43	51.87	7	1.82
Jal-Lombricomposta 80:20	65.40	14.73	50.66	6.95	0.40

PT= Porosidad total; CA= Capacidad de aireación; CRH= Capacidad de retención de humedad; CE= Conductividad eléctrica.

4.3. Fase 3: Establecimiento del experimento del primer ciclo de producción

El experimento se estableció en el invernadero indicado y diariamente se tomaron lecturas de la intensidad de la luz, temperatura máxima y mínima, y también de la humedad relativa. En el primer ciclo de producción la intensidad de la luz promedio fue de 53.7 lx, la temperatura máxima promedio fue 39.9 °C y la temperatura mínima promedio fue 19.2 °C, la humedad relativa máxima promedio fue 96.7 % y la humedad relativa mínima promedio fue 38.7 % (Figura 3 y 4).

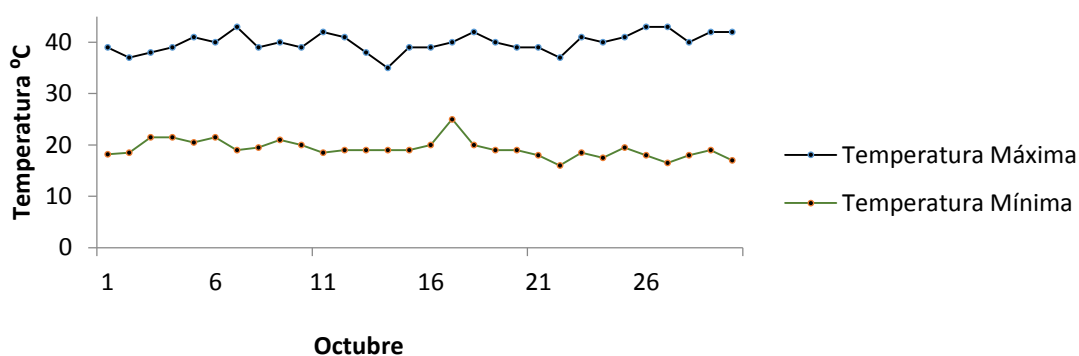


Figura 3. Temperatura máxima y mínima durante el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013). Xalisco, Nayarit.

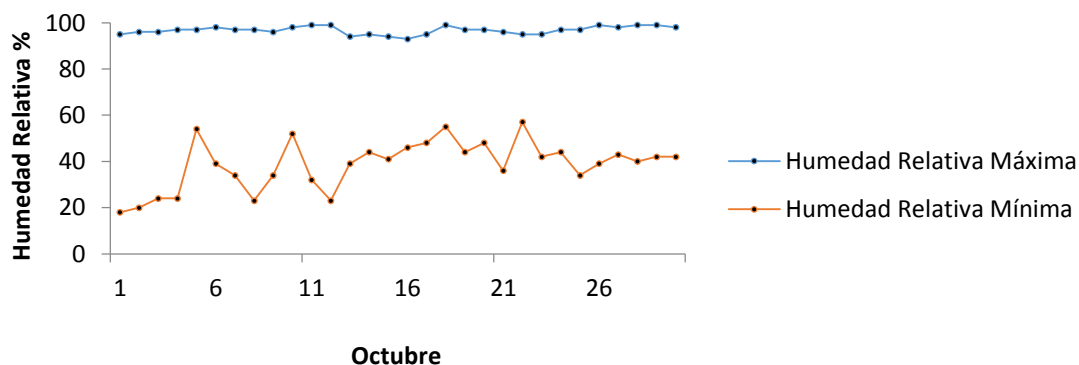


Figura 4. Humedad relativa máxima y mínima durante el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013). Xalisco, Nayarit.

La siembra se realizó el 1 de septiembre de 2013 y se colocaron cinco semillas de cilantro de la variedad 'Pakistan' en cada cavidad en almácigos de unicel que cuentan con 200 cavidades, y se utilizó como medio de crecimiento el peat moss Sunshine[®]. Una vez sembradas las semillas de cilantro, se procedió a regar con agua el primer día.

A partir del segundo día, se regó con solución de Steiner al 25 % (Cuadro 3). El riego varió de una a dos veces al día, y estuvo en función del clima y de la edad de la plántula. El control fitosanitario fue preventivo con aplicación de 1 g L⁻¹ de Captan[®] a los 15 días después de la siembra (DDS).

Cuando la plántula alcanzó los 30 DDS o una altura de 10 cm, se llevó a cabo el trasplante. Este se realizó el 1 de octubre de 2013 en macetas de polietileno negro de dimensiones 20x20 cm calibre 400 y con un volumen de 1.6 L, las cuales contenían el sustrato correspondiente según el tratamiento (Cuadro 4). Una vez trasplantadas las plántulas, se procedió a regar con agua o solución de Steiner al 75 % (Cuadro 3) de acuerdo al tratamiento (Cuadro 4). La concentración de la solución de Steiner fue recomendada por Loera-Rosales (2014). La solución fue preparada con nitrato de calcio (CaNO₃), nitrato de potasio (KNO₃), sulfato de magnesio (MgSO₄), sulfato de potasio (K₂SO₄), fosfato monopotásico (KH₂PO₄). Los micronutrientes se suministraron mediante el producto comercial Ultrasolmicro[®]. El pH de la solución se ajustó a 6. La concentración de riegos estuvo en función del clima, de las propiedades físicas del sustrato y de la edad de la planta. El control fitosanitario fue preventivo con aplicaciones de 1 g L⁻¹ de Captan[®] a los 10, 20 y 30 días después del trasplante (DDT).

Cuadro 3. Concentración de nutrientes de la solución nutritiva de Steiner. Xalisco, Nayarit. 2013 y 2014.

Concentración	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
	meq·L ⁻¹					
25 %	3.0	0.25	1.75	2.25	1.0	1.75
75 %	9.0	0.75	5.25	6.75	3.0	5.25

4.3.1. Tratamientos

De acuerdo al Cuadro 4, los tratamientos se conformaron por los diferentes medios de crecimiento y la aplicación de solución nutritiva o agua.

Cuadro 4. Relación de tratamientos en el cultivo de cilantro ‘Pakistán’ en invernadero en el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 – 30 de octubre de 2013). Xalisco, Nayarit.

Número de Tratamiento	Nomenclatura	Medio de crecimiento	Riego, con solución nutritiva o agua
1 (testigo)	TEZ, 100 %	Tezontle 100 %	Solución: 75 %
2	JAL, 100 %	Jal 100 %	Solución: 75 %
3	LOM, 100 %	Lombricomposta 100 %	Agua
4	LOM-TEZ, 80:20	Lombricomposta: Tezontle 80:20	Solución: 75 %
5	LOM-JAL, 80:20	Lombricomposta: Jal 80:20	Solución: 75 %
6	LOM-CASC, 80:20	Lombricomposta: Cascarilla de arroz 80:20	Solución: 75 %
7	LOM-TEZ, 63:35	Lombricomposta: Tezontle 65:35	Solución: 75 %
8	LOM-JAL, 65:35	Lombricomposta: Jal 65:35	Solución: 75 %
9	LOM-CASC, 65:35	Lombricomposta: Cascarilla de arroz 65:35	Solución: 75 %
10	TEZ-LOM, 80:20	Tezontle: Lombricomposta 80:20	Solución: 75 %
11	JAL-LOM, 80:20	Jal: Lombricomposta 80:20	Solución: 75 %

4.3.2. Variables evaluadas

4.3.2.1. Variables de crecimiento

Las variables evaluadas en el periodo del crecimiento vegetativo fueron altura de planta, peso de biomasa fresca de la parte aérea y peso de biomasa seca de la parte aérea, número de hojas y área foliar.

4.3.2.1.1. Altura de planta

La altura de la planta se midió en cm con una cinta métrica a los 10, 20 y 30 DDT. Como punto de referencia se midió a partir de la base del sustrato hasta el nivel donde predominó el mayor número de hojas con la altura representativa de la planta.

4.3.2.1.2. Número de hojas

Se contó el número de hojas a los 10, 20 y 30 DDT. Para contar el número de hojas, se tomó en cuenta un tamaño de hoja mayor a 5 cm a los 10 DDT, un tamaño de hoja entre 10 - 20 cm a los 20 DDT, y un tamaño de hoja entre 15 - 30 cm a los 30 DDT.

4.3.2.1.3. Área foliar

Se midió a los 20 DDT. Se cortaron las hojas que presentaron el tamaño promedio correspondiente a la planta. Conforme se cortaron los folíolos, se introdujeron en un integrador de área foliar LI-COR (Modelo Li-3000A, Nebraska, USA). El área foliar se expresó en cm².

4.3.2.1.4. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta

Se cortó la planta de cilantro a partir del nivel del sustrato a los 10, 20 y 30 DDT. Se pesaron las plantas en una balanza electrónica de tres decimales AND (Modelo GX-2000, California, USA) y se expresaron las unidades en gramos (g). Posteriormente, las plantas se introdujeron en bolsas de papel.

4.3.2.1.5. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta

Se pesó a los 10, 20 y 30 DDT. Las hojas de cilantro se colocaron en bolsas de papel y se pusieron a secar a 65 °C por 72 horas en una estufa con circulación de aire BLUE M (Modelo Single Wall 17TA, Michigan, USA). Se pesaron las muestras hasta que alcanzaron peso constante en una balanza electrónica de tres decimales AND (Modelo GX-2000, California, USA) y las unidades se expresaron en g.

4.3.2.2. Variables de contenido nutrimental y lecturas SPAD

Se evaluaron lecturas SPAD y el contenido nutrimental de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

4.3.2.2.1. Lecturas SPAD

Las lecturas SPAD se leyeron a los 10, 20 y 30 DDT con el SPAD KONICA MINOLTA (Modelo SPAD 502 plus, New Jersey, USA). La celda del lector SPAD estuvo cubierta en su totalidad por la hoja para realizar la lectura. Se seleccionaron las hojas recientemente maduras y que presentaron el tamaño representativo de la planta al momento de la lectura.

Para la determinación del contenido nutrimental, se recolectaron hojas de la planta de cilantro a los 20 DDT, las cuales se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron a una estufa con circulación de aire BLUE M (Modelo Single Wall 17TA, Michigan, USA) y se secaron a 65 °C por cinco días. Las muestras de cilantro se extrajeron de las bolsas de papel y se pesaron en una balanza electrónica de tres decimales OHAUS (Modelo Explorer, New Jersey, USA) hasta que alcanzaron peso constante. De las muestras de hojas que se obtuvieron a los 20 DDT y que fueron secadas, se molieron en un mortero de porcelana y se tamizaron en una malla 60, después se colocaron en bolsas de papel donde se almacenaron hasta el momento de la determinación del contenido nutrimental.

Se pesó 0.5 g de la muestra de cilantro molida y seca en una balanza electrónica de tres decimales OHAUS (Modelo Explorer, New Jersey, USA). Se introdujo la muestra en un matraz de digestión y se adicionó 4 mL de mezcla diácida de ácido sulfúrico y ácido perclórico (4:1, v/v), y 2 mL de peróxido de hidrogeno. Después el matraz se colocó en una estufa de digestión THERMO SCIENTIFIC (Modelo Type 2200, Massachusetts, USA) a una temperatura entre 100 - 120 °C y después se aumentó la temperatura en forma progresiva sin exceder los 260 °C hasta obtener el digestado que se aforó con agua destilada a 50 mL (Alcántar-González y Sandoval-Villa, 1999).

4.3.2.2.2. Nitrógeno

Para nitrógeno total se tomó 20 mL del extracto y se añadió 5 mL de indicador (Rojo de metilo, 0.0012 M; y verde de bromocresol, 0.00094 M; 2:1, v/v) y después se llevó acabo el método Kjeldahl (Kirk, 1999).

4.3.2.2.3. Fósforo

Para la determinación de fósforo se tomó 5 mL del extracto, se añadió 10 mL de ácido nítrico y 5 mL de solución de molibdato-vanadato (amarillo), se aforó a 50 mL con agua destilada y se determinó por fotocolorimetría a 420 nm en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Genesys10UV, Massachusetts, USA).

4.3.2.2.4. Potasio

Se tomó 1 mL del extracto y se realizaron diluciones de 25-30 mL con agua destilada y se determinó el potasio mediante un flamómetro SHERWOOD SCIENTIFIC (Modelo Flame Photometer 410, Cambridge, UK).

4.3.2.3. Variables en poscosecha

El cultivo de cilantro se cosechó el día 30 de octubre de 2013. Las variables evaluadas fueron contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante. También se evaluó la pérdida de peso, vida en anaquel y color.

4.3.2.3.1. Contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante

Para la determinación del contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante, se recolectaron foliolos de la planta de cilantro a los 20 DDT. Se obtuvo un extracto para determinar estos parámetros como se describe a continuación:

Se pesaron dos gramos de los foliolos de cilantro y se almacenaron a una temperatura de -10 °C por 30 días en un refrigerador ACROS WHIRLPOOL (Modelo WRT16YKCD, Nuevo León, MEX).

Posteriormente, los extractos se prepararon de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008) y Nourhene *et al.* (2009), para lo cual se usó etanol anhidro al 60 %. Se colocaron los dos gramos de material vegetal fresco en matraces de 50 mL y se agregaron 15 mL de solvente y se mantuvieron a una temperatura de 5 °C por 24 horas. Después se filtró para separar el extracto de las partículas del material vegetal y se almacenó en refrigeración a 5 °C por 24 horas para posteriormente realizar el análisis.

4.3.2.3.1.1. Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu (FRC), de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008) y con modificaciones realizadas por Juárez *et al.* (2011). Se realizaron diluciones 1:2, v/v. Se tomó 0.5 mL del extracto, se agregó 1 mL de etanol anhidro 95 %, 5 mL de agua destilada y 0.5 mL de FRC diluido con agua destilada 1:10, v/v. Después de cinco minutos de reacción, se agregó 1 mL de solución de carbonato de sodio 5 %. Las muestras se mezclaron y se colocaron en oscuridad por 30 min. Se leyó la absorbancia contra un blanco a 725 nm en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Spectronic 200, Massachusetts, USA). El blanco se preparó bajo el mismo método, sin agregar el extracto. La curva de calibración (Figura 5) se preparó con diferentes concentraciones de ácido cafeico y etanol (Cuadro 5).

Cuadro 5. Concentraciones de ácido cafeico para curva de calibración.

Ácido cafeico (mL)	Etanol (mL)	Ácido cafeico (mM)
2.00	0.00	200
1.50	0.50	150
1.25	0.75	125
1.00	1.00	100
0.75	1.25	75
0.50	1.50	50
0.25	1.75	25
0.00	2.00	0

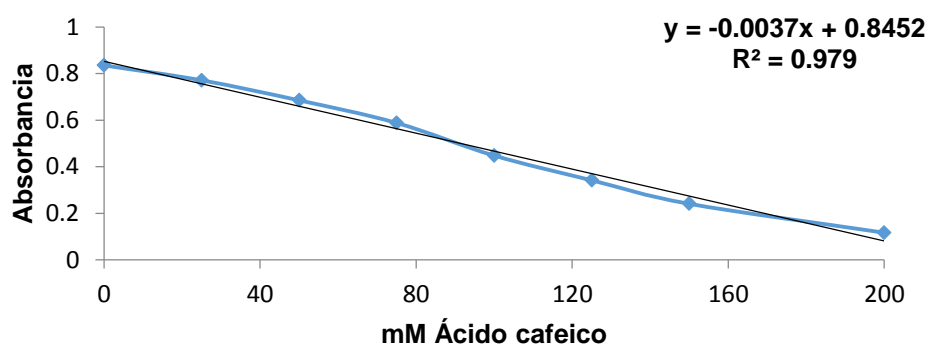


Figura 5. Curva de calibración estándar de contenido de fenoles totales.

El contenido total de compuestos fenólicos en extracto se expresaron en g de equivalentes de ácido cafeico (EAC) por 100 g de material de la planta en fresco (g EAC/100g).

4.3.2.3.1.2. Contenido de flavonoides

El contenido de flavonoides se determinó de acuerdo a Socha *et al.* (2009). Se realizaron diluciones 1:5, v/v. Se tomó 1 mL del extracto, se agregó 5 mL de agua destilada y 0.3 mL de solución de nitrato de sodio 5 %. Se agregó 0.3 mL de solución de cloruro de aluminio 4 %, después de cinco minutos de reacción se agregó 2 mL de hidróxido de sodio (1 M) y agua destilada hasta que se completó un total de 10 mL. La solución se mezcló y la absorbancia se leyó inmediatamente contra un blanco a 510 nm en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Spectronic 200, Massachusetts, USA). El blanco se preparó bajo el mismo procedimiento, sustituyendo el extracto de la muestra por etanol anhidro. La curva de calibración (Figura 6) se preparó con diferentes concentraciones de quercetina y etanol (Cuadro 6).

Cuadro 6. Concentraciones de quercetina para curva de calibración.

Quercetina (mL)	Etanol (mL)	Quercetina (mM)
0.000	1.000	0
0.066	0.933	10
0.166	0.834	25
0.334	0.667	50
0.500	0.500	75
0.666	0.334	100
0.833	0.166	125
1.000	0.000	150

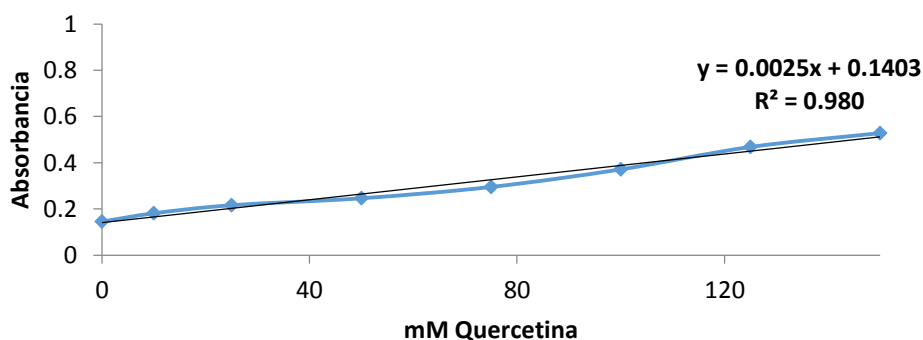


Figura 6. Curva de calibración estándar de contenido de flavonoides.

Los resultados se expresaron en g de equivalentes de quercetina (EQ) por 100 g de material fresco de la planta (g EQ/100g).

4.3.2.3.1.3. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Chizzola *et al.* (2008), y Scherer y Texeira (2009).

Se realizaron diluciones 2:3, v/v. Se tomó 400 µL de extracto y se ajustó a 1 mL con metanol anhidro al 50 %, después se agregó 1 mL de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (2.43×10^{-4} mM). Las muestras se colocaron en obscuridad por 30 minutos y se leyó la absorbancia contra un blanco a 517 nm en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC (Modelo Spectronic 200, Massachusetts, USA). El blanco se preparó con 500 µL de Trolox y 500 µL de metanol, y se agregó 1 mL del reactivo DPPH. El Trolox 2.5 mM (6- hidroxí-2,5,7,8-terametilmroman-2-acido carboxílico) se preparó con 0.625 g de Trolox y 100 mL de metanol para sustancia como referencia en la curva de calibración

En el Cuadro 7 se presentan las concentraciones de Trolox y etanol para la curva de calibración (Figura 7):

Cuadro 7. Concentraciones de Trolox para curva de calibración.

Trolox (mL)	Etanol (mL)	TROLOX (mM)
1	0	2.5
0.84	0.16	2.1
0.68	0.32	1.7
0.52	0.48	1.3
0.36	0.64	0.9
0.2	0.8	0.5
0	1	0

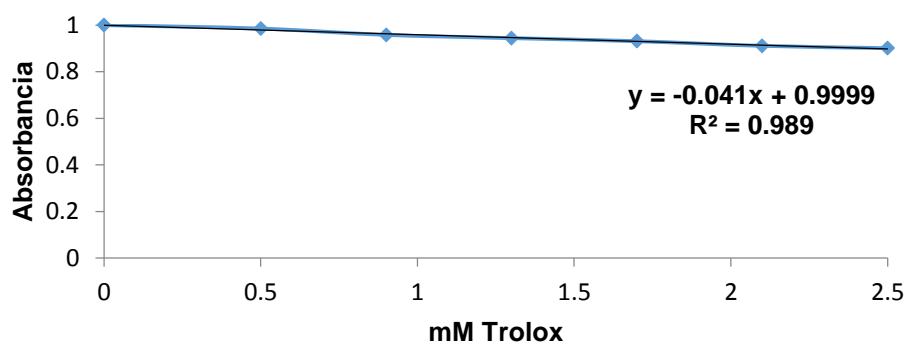


Figura 7. Curva de calibración estándar de actividad antioxidante.

La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición de DPPH acorde a la siguiente ecuación:

$$\%DPPH = \left[\frac{Abs_c - Abs_s}{Abs_c} \right] \times 100$$

Donde Abs_c es el valor de la absorbancia del blanco, y Abs_s , es el valor de la absorbancia de la muestra. Una absorbancia menor de la mezcla de reacción indica una alta actividad captadora de radicales libres.

4.3.2.3.2. Pérdida de peso, vida en anaquel y color

La parte aérea de la planta de cilantro se cortó a partir del nivel del sustrato y se introdujo a bolsas transparentes de polietileno 20x30 cm con 10 perforaciones circulares con diámetro de 5 mm. Las muestras se almacenaron en refrigeración a 5 °C. Posteriormente, la pérdida de peso, vida en anaquel y color se determinaron cuando se cosechó el cultivo de cilantro a los 30 DDT.

4.3.2.3.2.1. Pérdida de peso

Se registraron los pesos de la parte aérea de las plantas de cilantro cada tercer día a partir de los tres días después de la cosecha (DDC) hasta los 12 DDC. La pérdida de peso se determinó mediante el uso de una balanza electrónica de tres decimales AND (Modelo GX-2000, California, USA) y los resultados se expresaron en porcentaje acumulado, con respecto al peso inicial.

4.3.2.3.2.2. Vida en anaquel

La vida en anaquel se determinó en las mismas plantas donde se evaluó la pérdida de peso. Se consideró término de vida en anaquel cuando las plantas presentaron amarillamiento en el 50 % del total de la parte aérea de la planta y/o presentaron síntomas de pudrición y/o marchitez.

4.3.2.3.2.3. Color

Se midió a los 3, 6, 9 y 12 DDC. Se registraron las lecturas de los parámetros L (Luminosidad), a (tonalidades correspondientes de color verde al rojo) y b (tonalidades del amarillo al azul) por medio de un colorímetro HUNTERLAB (Modelo D25-PC2, Reston, USA). Con estos parámetros se calculó el ángulo hue= $\tan^{-1} b/a$ y croma= $(a^2+b^2)^{1/2}$.

4.4. Fase 4: Establecimiento del experimento del segundo ciclo de producción

La lombricomposta utilizada fue la misma que se seleccionó en el primer ciclo de producción y se elaboraron nuevamente las mezclas de sustratos a base de lombricomposta mezclados con tezontle, jal o cascarilla de arroz.

Se procedió al establecimiento del experimento del segundo ciclo de producción. El experimento se estableció en el invernadero indicado y diariamente se tomaron lecturas de la intensidad de la luz, de la temperatura máxima y mínima, y también de la humedad relativa. En el segundo ciclo de producción la intensidad de la luz promedio fue de 47.2 lx, la temperatura máxima promedio fue 34.1 °C y la temperatura mínima promedio fue 7.8 °C, la humedad relativa máxima promedio fue 94.3 % y la humedad relativa mínima promedio fue 10. % (Figura 8 y 9).

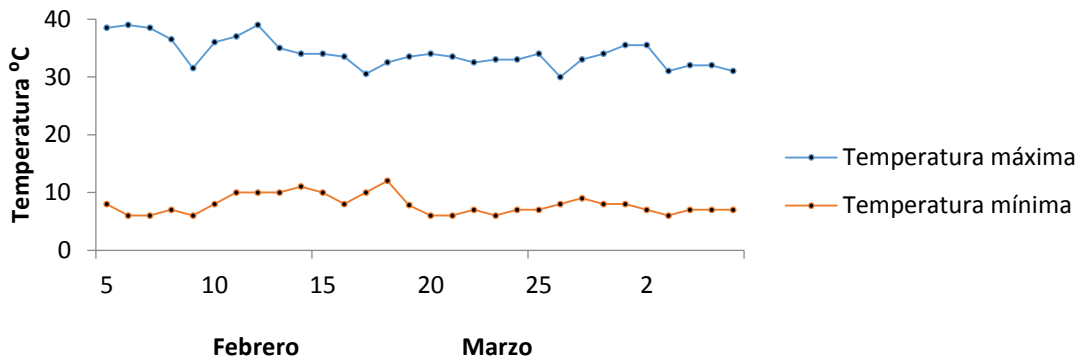


Figura 8. Temperatura máxima y mínima durante el segundo ciclo de producción (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

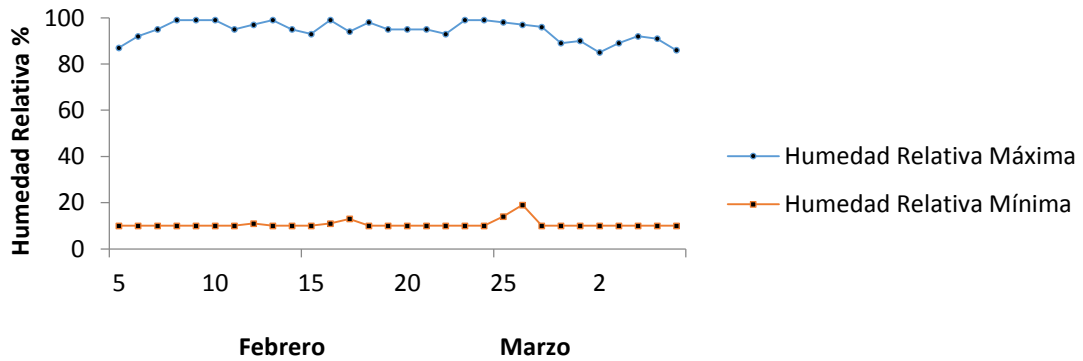


Figura 9. Humedad relativa máxima y mínima durante el segundo ciclo de producción (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

La siembra se realizó el 6 de enero de 2014 y se colocaron cinco semillas de cilantro de la variedad 'Pakistan' en cada cavidad en almácigos de unicel que cuentan con 200 cavidades, y se utilizó como medio de crecimiento el peat moss Sunshine[®]. Una vez sembradas las semillas de cilantro, se procedió a regar con agua el primer día. A partir del segundo día, se regó con solución de Steiner al 25 % (Cuadro 3). El riego varió de una a dos veces al día, y estuvo en función del clima y de la edad de la plántula. El control fitosanitario fue preventivo con aplicación de 1 g L⁻¹ de Captan[®] a los 15 DDS.

Cuando la plántula alcanzó los 30 DDS o una altura de 10 cm, se llevó a cabo el trasplante. Este se realizó el 5 de febrero de 2014 en macetas de polietileno negro de dimensiones 20x20 cm calibre 400 y con un volumen de 1.6 L, las cuales contenían el sustrato correspondiente según el tratamiento (Cuadro 4). Una vez trasplantadas las plántulas, se

procedió a regar con agua o solución de Steiner al 75 % de la misma manera que en la Fase 3.

4.4.1. Variables evaluadas

Las variables evaluadas se determinaron bajo los mismos procedimientos que se realizaron en la Fase 3 (Primer ciclo de producción: 1 de octubre de 2013- 30 de octubre de 2013).

4.4.1.1. Variables de crecimiento

4.4.1.1.1. Altura de planta

4.4.1.1.2. Número de hojas

4.4.1.1.3. Área foliar

4.4.1.1.4. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta

4.4.1.1.5. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta

4.4.1.2. Variables de contenido nutrimental y lecturas SPAD

4.4.1.2.1. Lecturas SPAD

4.4.1.2.2. Nitrógeno

4.4.1.2.3. Fósforo

4.4.1.2.4. Potasio

4.4.1.3. Variables en poscosecha

4.4.1.3.1. Contenido de fenoles totales

La curva de calibración para contenido de fenoles totales en el segundo ciclo de producción (Figura 10) se preparó bajo el mismo procedimiento que se empleó en el primer ciclo (1 de octubre de 2013- 30 de octubre de 2013).

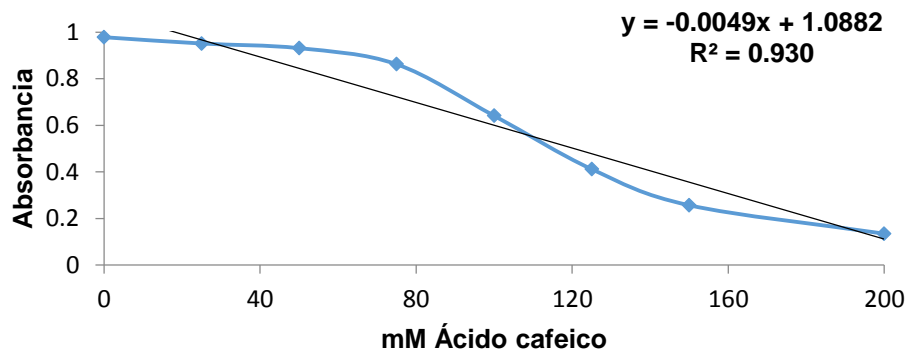


Figura 10. Curva de calibración estándar de contenido de fenoles totales.

4.4.1.3.2. Contenido de flavonoides

La curva de calibración para contenido de flavonoides en el segundo ciclo de producción (Figura 11) se preparó bajo el mismo procedimiento que se empleó en el primer ciclo (1 de octubre de 2013- 30 de octubre de 2013).

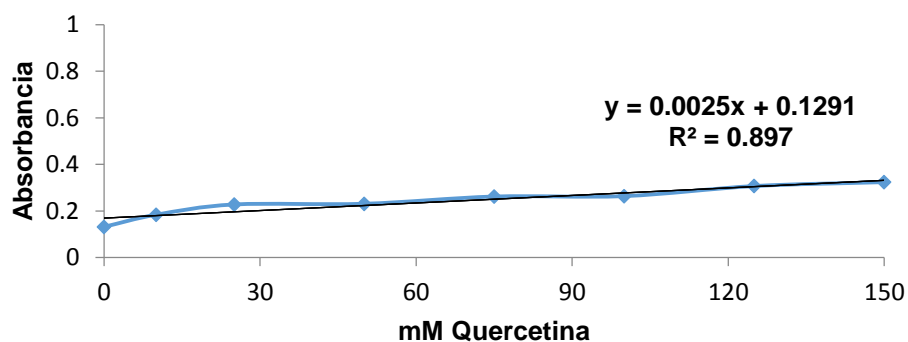


Figura 11. Curva de calibración estándar de contenido de flavonoides.

4.4.1.3.3. Actividad antioxidante

La curva de calibración para actividad antioxidante en el segundo ciclo de producción (Figura 12) se preparó bajo el mismo procedimiento que se empleó en el primer ciclo (1 de octubre de 2013- 30 de octubre de 2013).

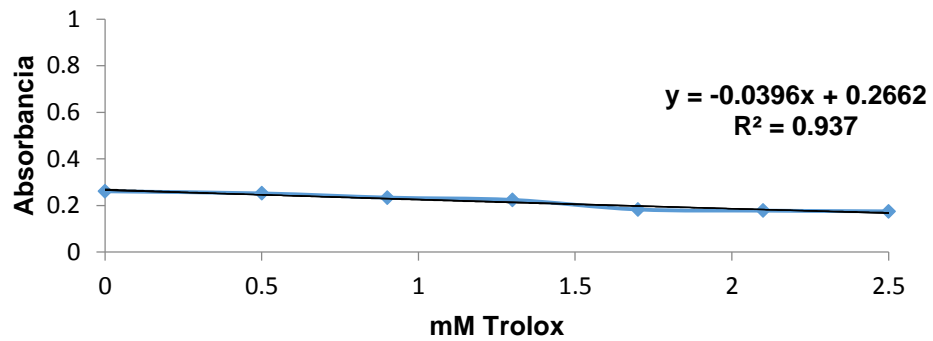


Figura 12. Curva de calibración estándar de actividad antioxidante.

4.4.1.3.4. Pérdida de peso

4.4.1.3.5. Vida en anaquel

4.4.1.3.6. Color

4.4.2. Análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar con 15 repeticiones con arreglo factorial 11 x 2, 11 sustratos y dos ciclos de producción. La unidad experimental fue una maceta. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 2009) y prueba de comparación de medias por Tukey (0.05).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza de las variables de crecimiento y contenido nutrimental

El análisis de varianza para las variables de crecimiento (altura, peso de biomasa fresca de la parte aérea, peso de biomasa seca de la parte aérea, número de hojas y área foliar) indicaron diferencias altamente significativas en el factor sustrato, factor ciclo de producción, y en la interacción sustrato y ciclo de producción a los 10, 20 y 30 DDT (Cuadro 8, 9, 10, 11 y 12).

Cuadro 8. Análisis de varianza para altura en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Altura						
	GL	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	6.71	<0.001	17.65	<0.001	17.55	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	195.73	<0.001	579.80	<0.001	2952.34	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	2.86	0.0029	4.82	<0.001	12.07	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Número de hojas						
	GL	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	434.09	<0.001	179.26	<0.001	2827.12	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	5.40	0.0005	6.11	0.0002	16.10	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	6.28	0.0002	6.23	0.0002	20.20	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 10. Análisis de varianza para área foliar en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Área foliar		
	GL	20 DDT	P
Sustrato (A)	10	559.28	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	10.31	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	2.81	0.0058

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 11. Análisis de varianza para peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Peso de biomasa fresca de la parte aérea						
	GL	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	162.49	<0.001	139.95	<0.001	2086.09	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	4.67	0.0012	7.87	<0.001	35.37	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	10.36	<0.001	5.33	0.0005	26.89	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 12. Análisis de varianza para peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Peso de biomasa seca de la parte aérea						
	GL	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	97.75	<0.001	1499.84	<0.001	97.67	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	3.59	0.0059	8.08	<0.001	14.57	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	5.71	0.0003	8.14	<0.001	2.07	0.0075

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

En lecturas SPAD, el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas en el factor sustrato, factor ciclo de producción, y en la interacción sustrato y ciclo de producción, tanto a los 10, 20 y 30 DDT (Cuadro 13). Lo mismo ocurrió, para el contenido de fósforo y potasio a los 20 DDT (Cuadro 14). El contenido de nitrógeno solo mostró diferencias altamente significativas en el factor sustrato, y en la interacción sustrato y ciclo de producción a los 20 DDT (Cuadro 14).

Cuadro 13. Análisis de varianza para lecturas SPAD en planta de cilantro en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	SPAD						
	GL	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	384.74	<0.001	60.91	<0.001	767.72	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	20.03	<0.001	2.80	0.0090	3.46	0.0020
Tratamiento x Ciclo de producción	10	22.72	<0.001	3.79	0.0010	5.34	0.0023

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 14. Análisis de varianza para nitrógeno, fósforo y potasio en planta de cilantro a los 30 DDT en dos ciclos de producción (Primer ciclo: 1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013; Segundo ciclo: 5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014). Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		
	GL	20 DDT		20 DDT		20 DDT	
		F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	4.69	<0.0001	107.55	<0.0001	5.00	0.0022
Ciclo de producción (B)	1	2.27	0.6045	78.11	<0.0001	788.30	<0.0001
Sustrato x Ciclo de producción	10	3.77	0.0005	7.04	0.0002	18.04	<0.0001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

5.1.1. Interacción de sustrato y ciclo de producción sobre las variables de crecimiento y contenido nutrimental.

Del análisis de interacción sustrato y ciclo de producción, se observó en términos generales que la planta de cilantro (*Coriandrum Sativum* L.) presentó a los 10 y 20 DDT mayor altura en todos los sustratos del primer ciclo de producción a excepción de TEZ y JL80:20 con valores entre 10.5 y 12.5 cm (10 DDT), y 22.7-26.0 cm (20 DDT). Mientras tanto, el sustrato TEZ del segundo ciclo manifestó la menor a los 10 DDT y 20 DDT (Figura 13 y 14). Sin embargo, el comportamiento de la altura de la planta fue diferente a los 30 DDT (Figura 15), donde TL80:20 del primer ciclo de producción fue el sustrato que logro la mayor altura con 47.85 cm y la menor altura se obtuvo en los medios de crecimiento TEZ y JAL del segundo ciclo de producción.

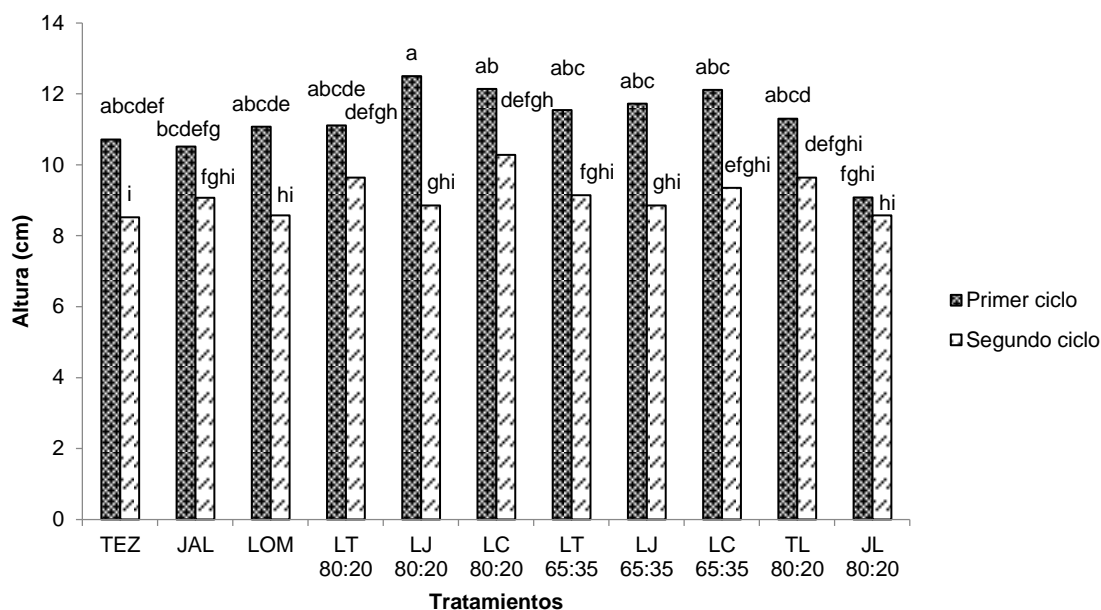


Figura 13. Altura de la planta a los 10 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

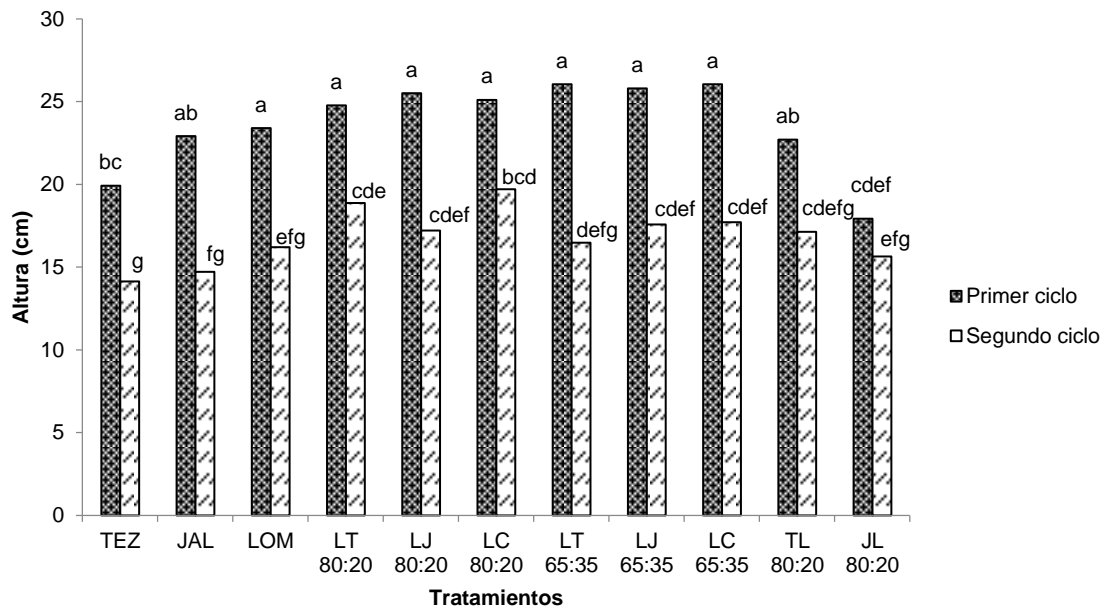


Figura 14. Altura de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

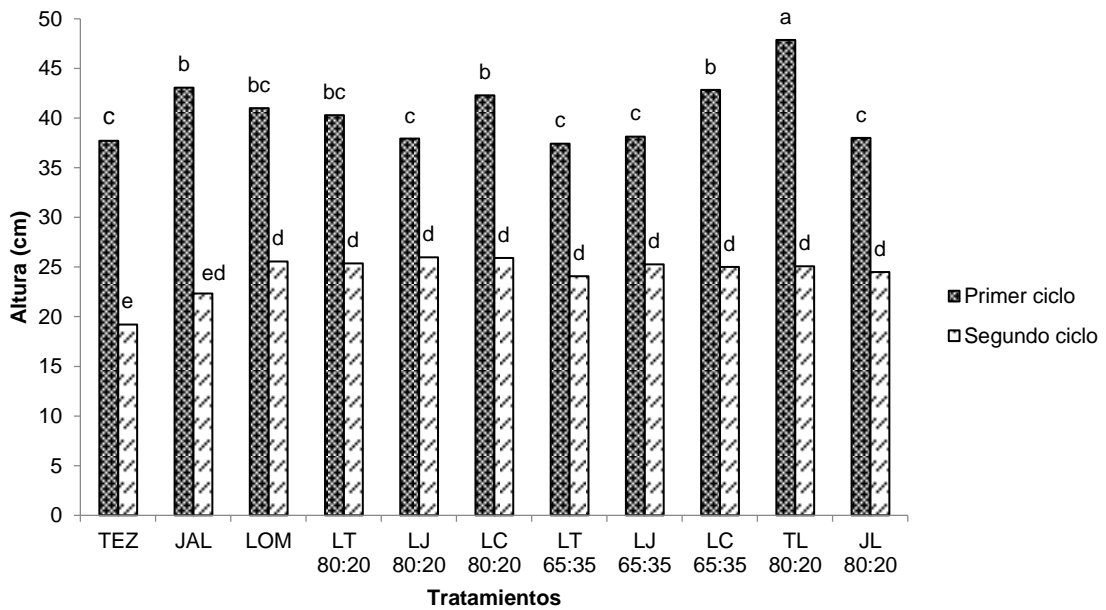


Figura 15. Altura de la planta a los 30 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En relación al número de hojas, la mayor respuesta se obtuvo en los medios de crecimiento del primer ciclo de producción a los 10, 20 y 30 DDT (Figura 16, 17 y 18); sin embargo la tendencia de los sustratos fue variable en las diferentes fechas de muestreo, donde a los 10 DDT los medios de crecimiento al 80 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20 y LC80:20), JAL, LOM, LJ65:35 y LC65:35 manifestaron el mayor número de hojas con valores entre 28 y 23 (Figura 16). Por otro lado, los sustratos LT80:20 y LJ80:20 obtuvieron el mayor número de hojas entre 39 y 45 a los 20 DDT (Figura 17), mientras que los sustratos que comprendieron de lombricomposta a 80 y 65 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35), TEZ y JAL presentaron los mejores resultados entre 51 y 57 número de hojas a los 30 DDT (Figura 18). Por otro lado, todos los sustratos del segundo ciclo de producción mostraron al menor número de hojas, tanto a los 10, 20 y 30 DDT (Figura 16, 17 y 18).

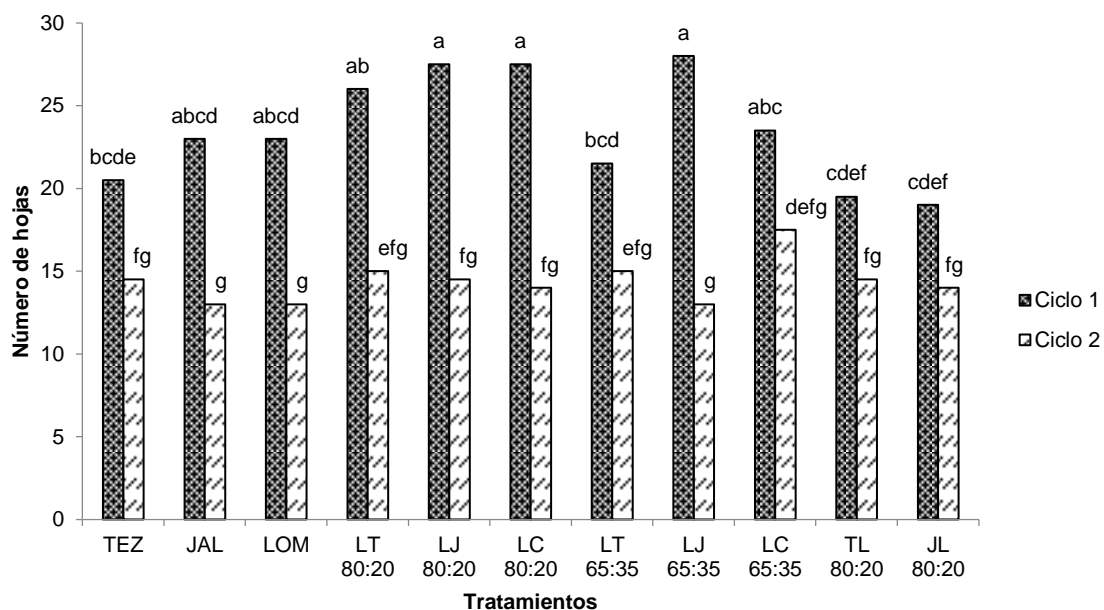


Figura 16. Número de hojas de la planta a los 10 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

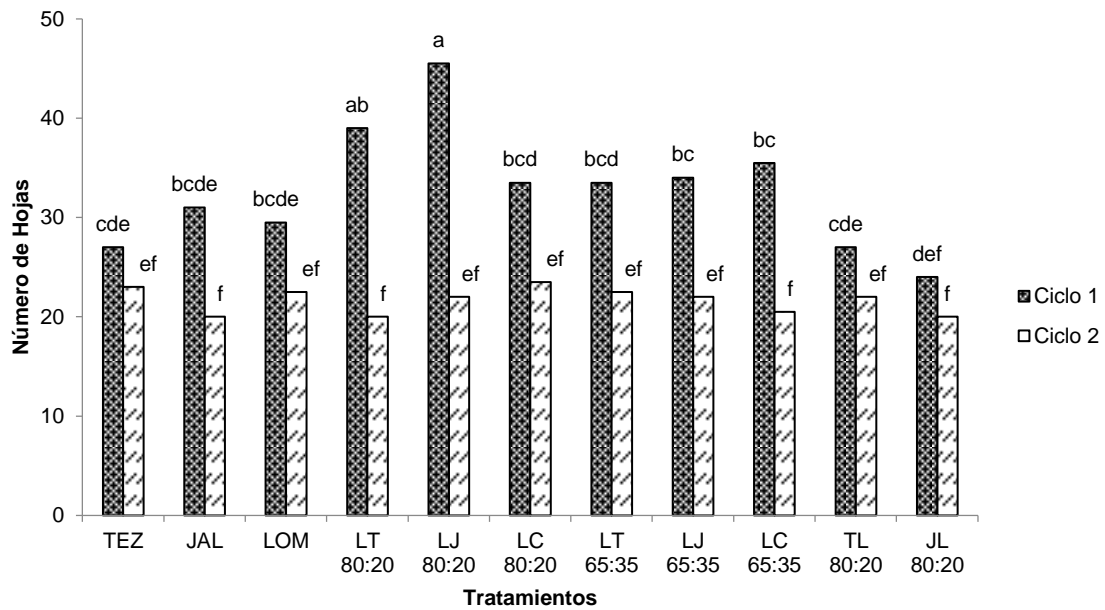


Figura 17. Número de hojas de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

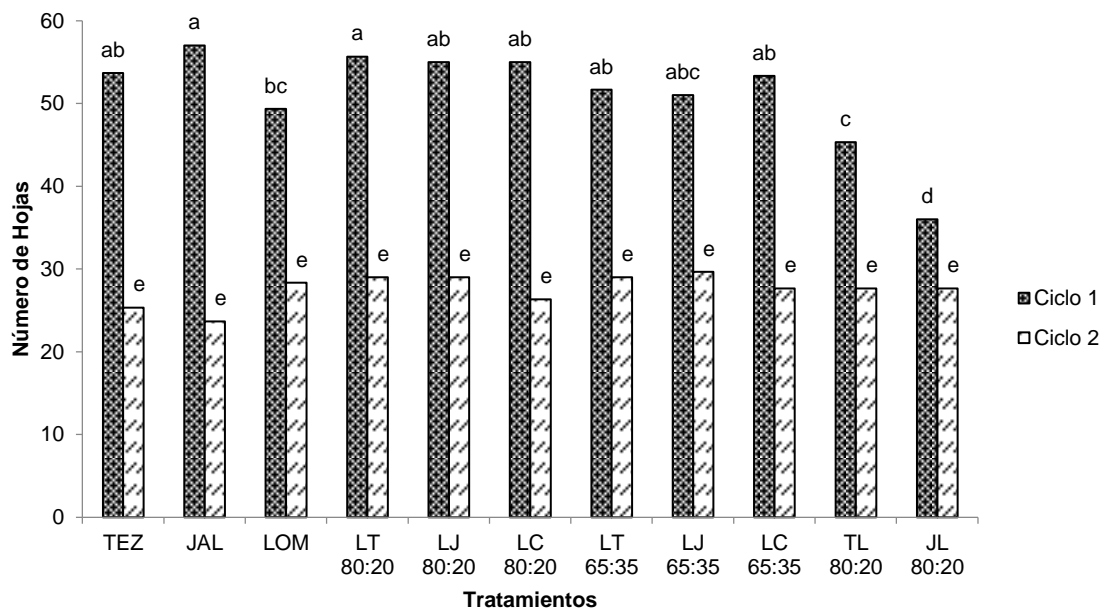


Figura 18. Número de hojas de la planta a los 30 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En área foliar, se observó que los sustratos a 65 % de lombricomposta (LT65:35, LJ65:35 y LC65:35), JAL, LJ80:20 y LC80:20 del primer ciclo de producción obtuvieron el mayor área foliar entre los 21 y 26 cm² a los 20 DDT (Figura 19). No obstante, los sustratos que presentaron la menor área fueron los sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM), LT65:35, TL80:20 y JL80:20 del segundo ciclo de producción (Figura 19).

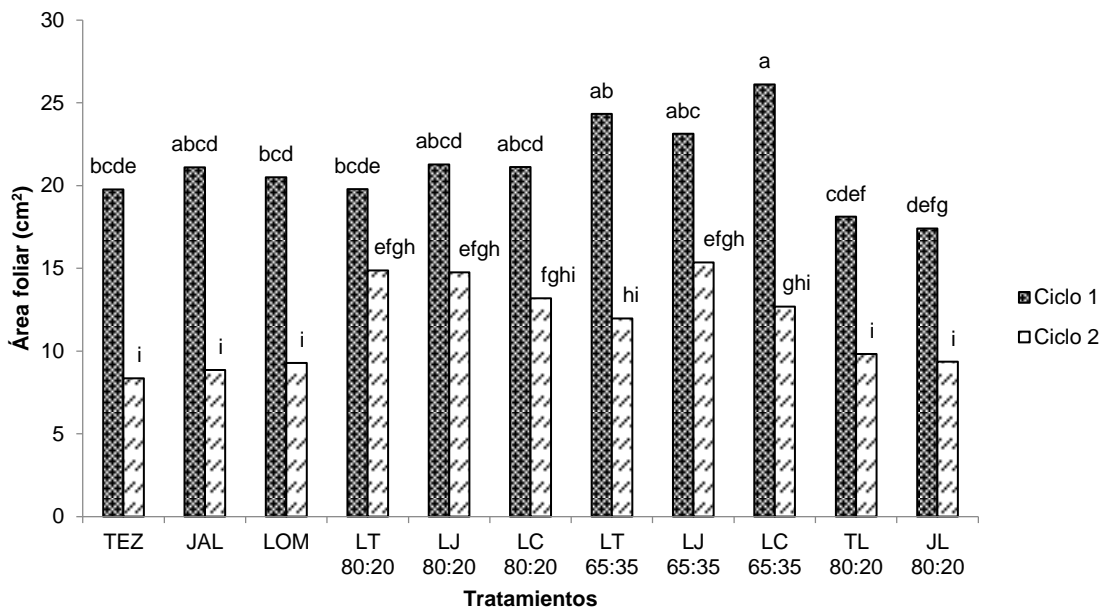


Figura 19. Área foliar de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En peso de la biomasa fresca de la parte aérea, se observó de manera general que todos los sustratos del segundo ciclo de producción mostraron al menor peso y fueron iguales a los 20 y 30 DDT (Figura 21 y 22), mientras que a los 10 DDT (Figura 20) los sustratos LJ80:20, LC80:20, LJ65:35 y JL80:20 del segundo ciclo de producción mostraron menor peso.

Sin embargo, los sustratos que mostraron mayor peso en las diferentes fechas de muestreo, se presentaron en el primer ciclo de producción, donde LT80:20, LJ80:20 y LC80:20 obtuvieron los mayores valores entre 4.4 y 4.7 g a los 10 DDT (Figura 20); de la misma manera, los medios de crecimiento con proporción a 80 y 65 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35) lo manifestaron con mayor peso entre 24.3 y 28.1 g a los 20 DDT, y entre 88.8 y 99.7 g a los 30 DDT (Figura 21 y 22).

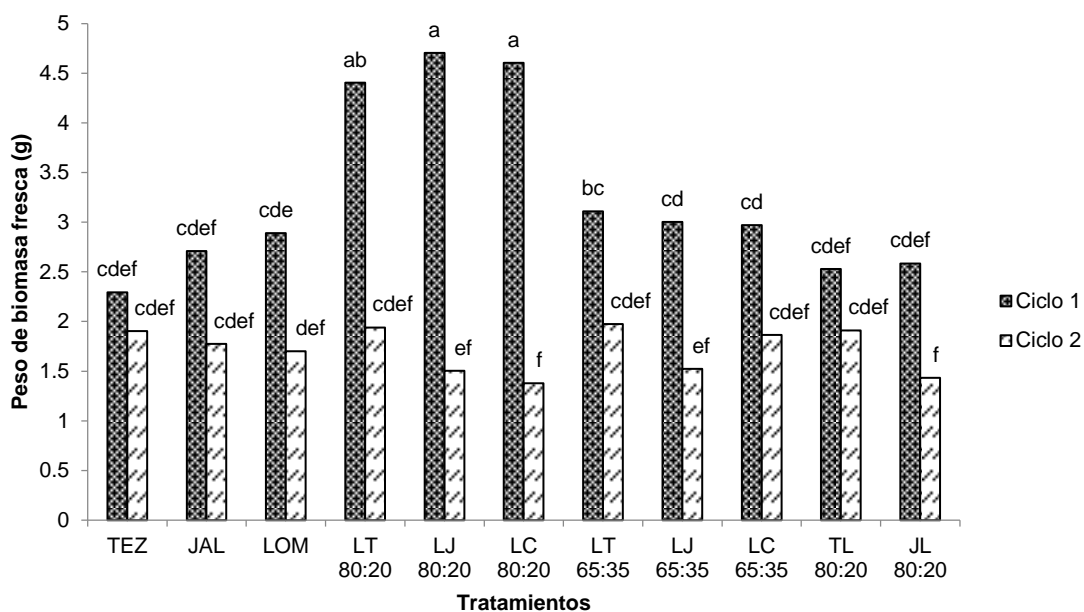


Figura 20. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 10 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

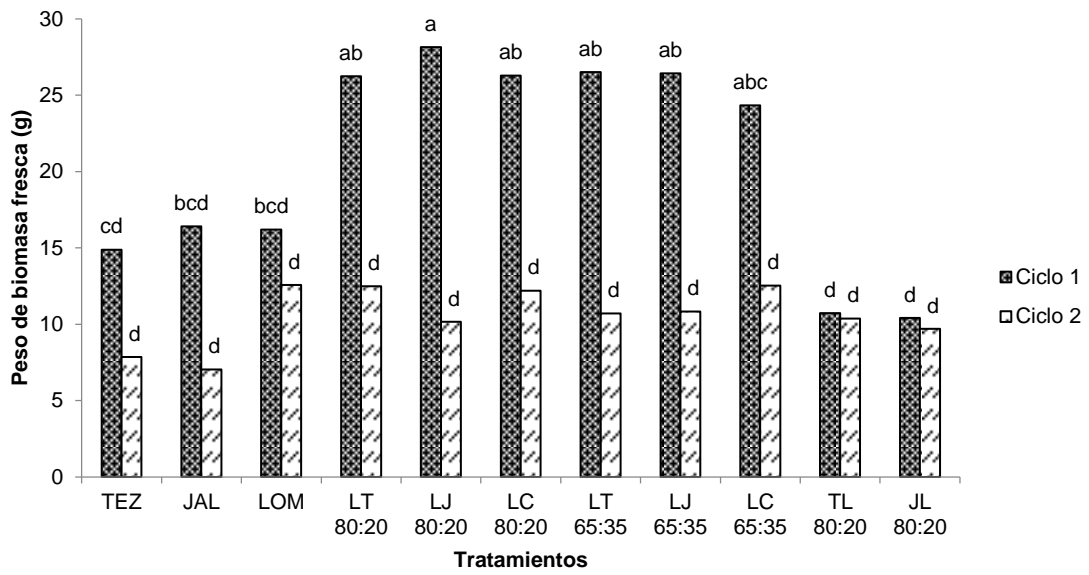


Figura 21. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

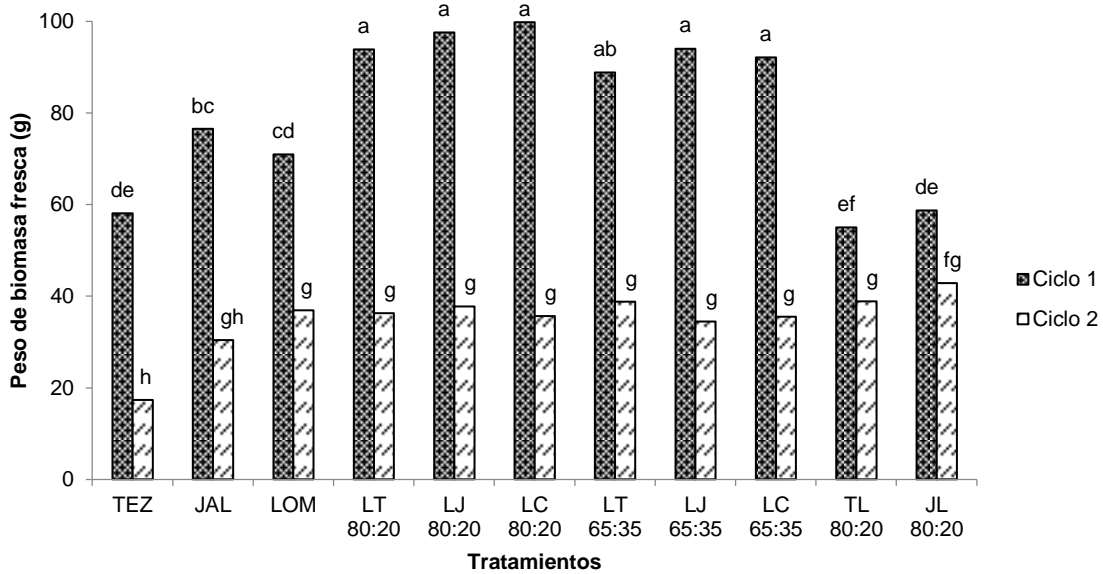


Figura 22. Peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta a los 30 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

Con respecto al peso de la biomasa seca de la parte aérea, todos los medios de crecimiento del segundo ciclo de producción obtuvieron el menor peso a los 10 y 20 DDT (Figura 23 y 24); mientras que a los 30 DDT, manifestaron el menor peso los sustratos TEZ, JAL, TL80:20 y JL80:20 del segundo ciclo de producción (Figura 25).

En cambio, LT80:20, LJ80:20, LC80:20 y LT65:35 del primer ciclo de producción mostraron el mayor peso a los 10 DDT (Figura 23). En términos generales, a los 20 y 30 DDT los sustratos con proporciones a 80 y 65 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35), y JAL del primer ciclo de producción lograron el mayor peso seco, con valores entre 5.3-6.4 g (20 DDT) y 8.4-11.4 g (30 DDT) (Figura 24 y 25).

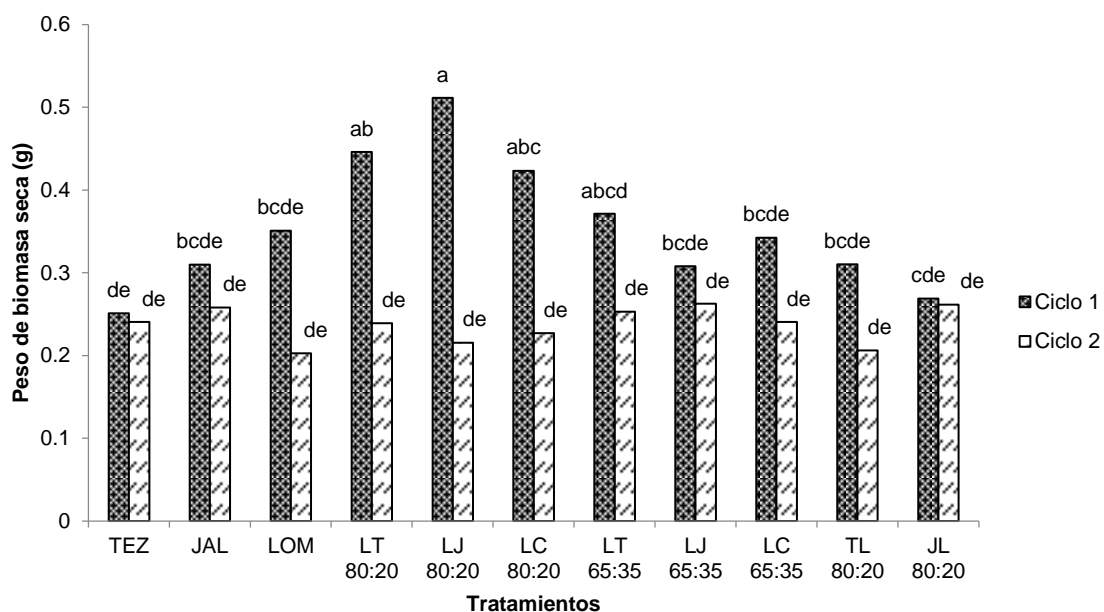


Figura 23. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 10 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

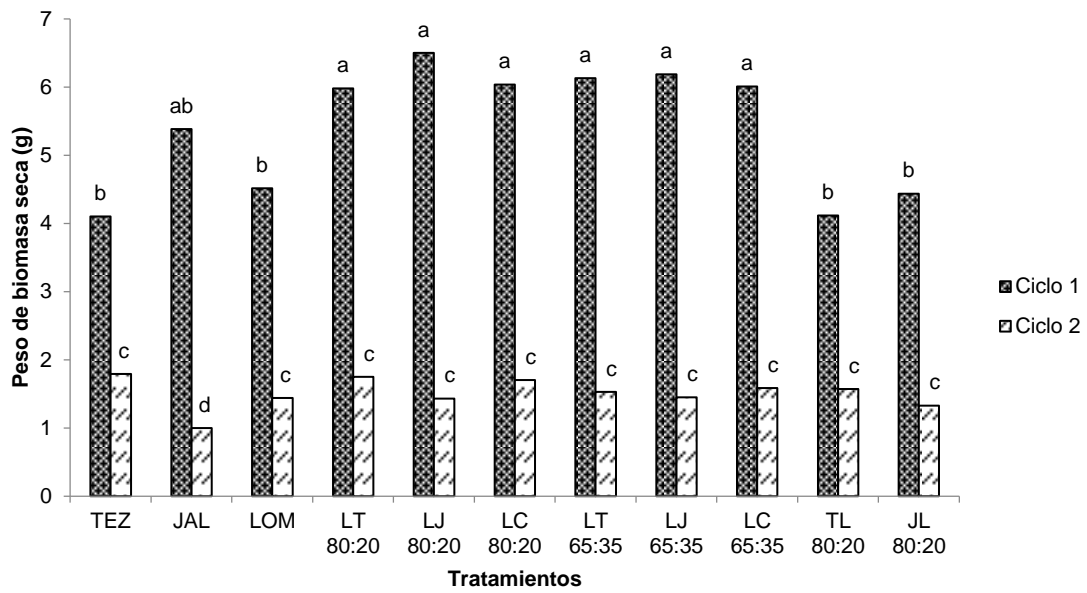


Figura 24. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

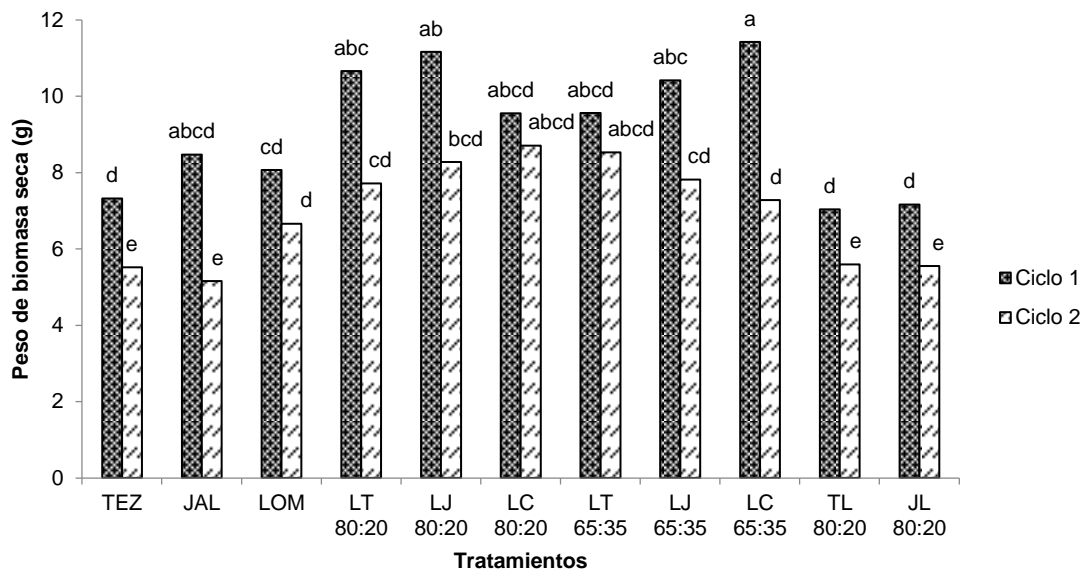


Figura 25. Peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta a los 30 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En lecturas SPAD, se observó una tendencia mayor en los sustratos del segundo ciclo de producción a los 10 y 30 DDT (Figura 26 y 28), donde TEZ manifestó el mayor valor con 40.6 a los 10 DDT (Figura 26), y los sustratos JAL, LOM, LJ65:35 y LC65:35 con valores entre 43.6 y 47.3 a los 30 DDT (Figura 28). Por su parte, los sustratos que presentaron las menores lecturas SPAD fue JL80:20 del primer ciclo a los 10 DDT y LT80:20 del primer ciclo a los 30 DDT.

El efecto de los sustratos fue diferente a los 20 DDT (Figura 27), donde todos los sustratos del segundo ciclo de producción, así también TEZ, JAL, LOM y LJ65:35 del primer ciclo, presentaron las mayores lecturas SPAD entre 35 y 39.5; sin embargo, LT80:20 y LJ80:20 del primer ciclo presentaron el menor efecto.

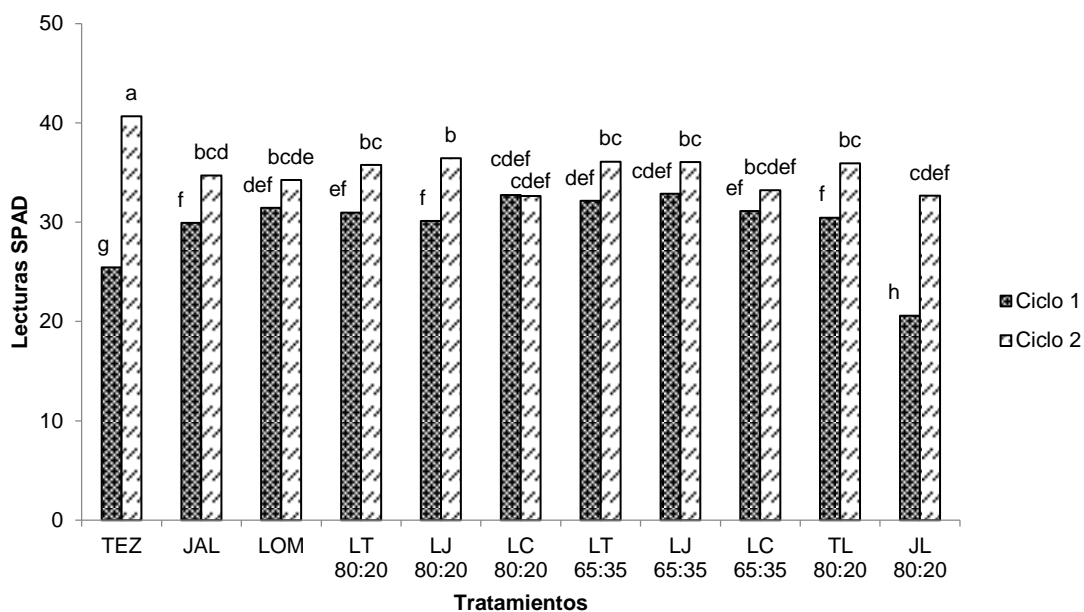


Figura 26. Lecturas SPAD de la planta a los 10 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

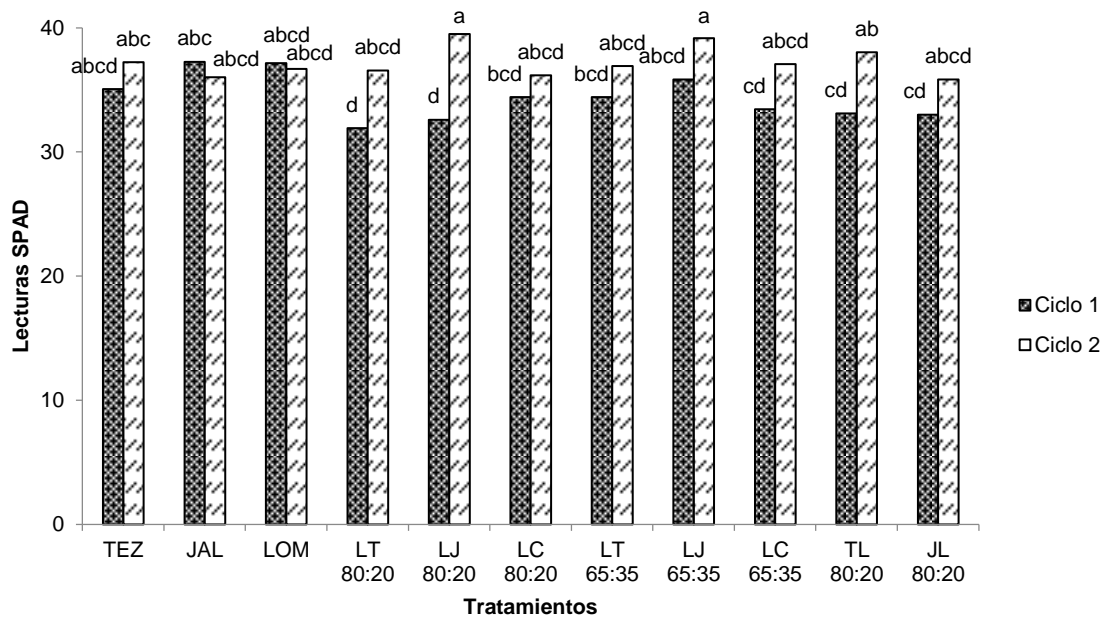


Figura 27. Lecturas SPAD de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

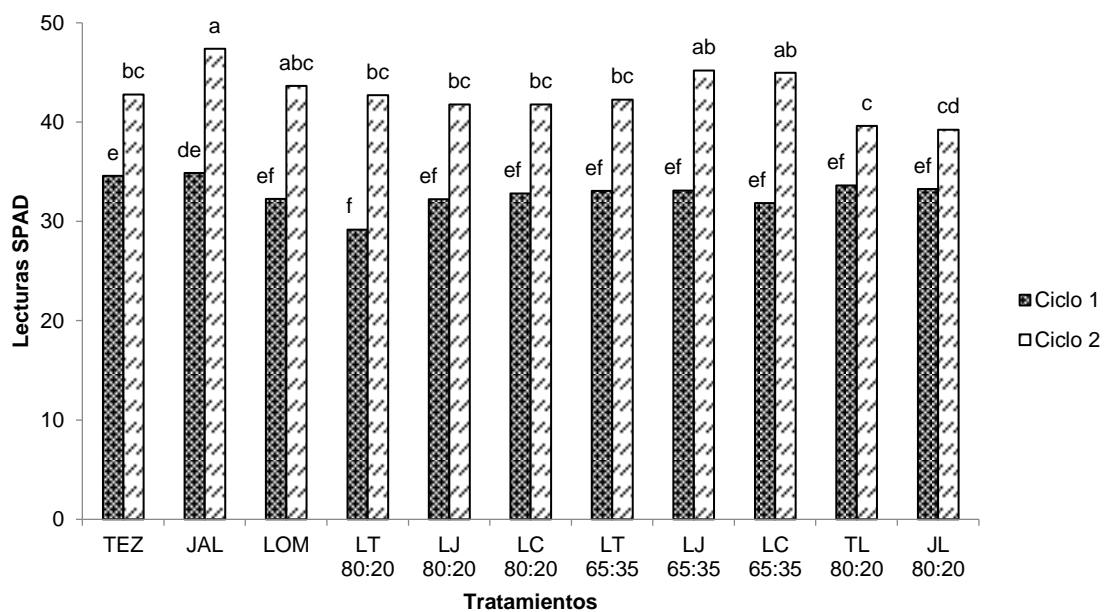


Figura 28. Lecturas SPAD de la planta a los 30 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En contenido de nitrógeno se observó que en los sustratos TEZ, JAL, LOM, LT80:20, LJ80:20 y LC80:20 de ambos ciclos de producción, así también LT65:35, LJ65:35 y TL80:20 del segundo ciclo presentaron el mayor nitrógeno entre 4.2 y 5.6 % a los 20 DDT (Figura 29). Mientras que el menor contenido de nitrógeno se obtuvo en los sustratos TL80:20 y JL80:20 del primer ciclo de producción.

Por otra parte, los sustratos al 65 y 20 % de lombricomposta (LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20), LOM y LJ80:20 del primer ciclo de producción manifestaron el mayor contenido de fósforo con valores entre 0.7 y 1.0 % a los 20 DDT (Figura 30). Los sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM) del segundo ciclo registraron el menor contenido de fósforo.

En contenido de potasio, los sustratos LT80:20, LT65:35, LJ65:35, TL80:20 y JL80:20 del primer ciclo de producción presentaron el mayor contenido de potasio entre 11.1 y 12.3 % a los 20 DDT (Figura 31), mientras que los sustratos TEZ, LOM, LT80:20, LT65:35, LJ65:35, TL80:20 y JL80:20 del segundo ciclo de producción mostraron el menor contenido de potasio.

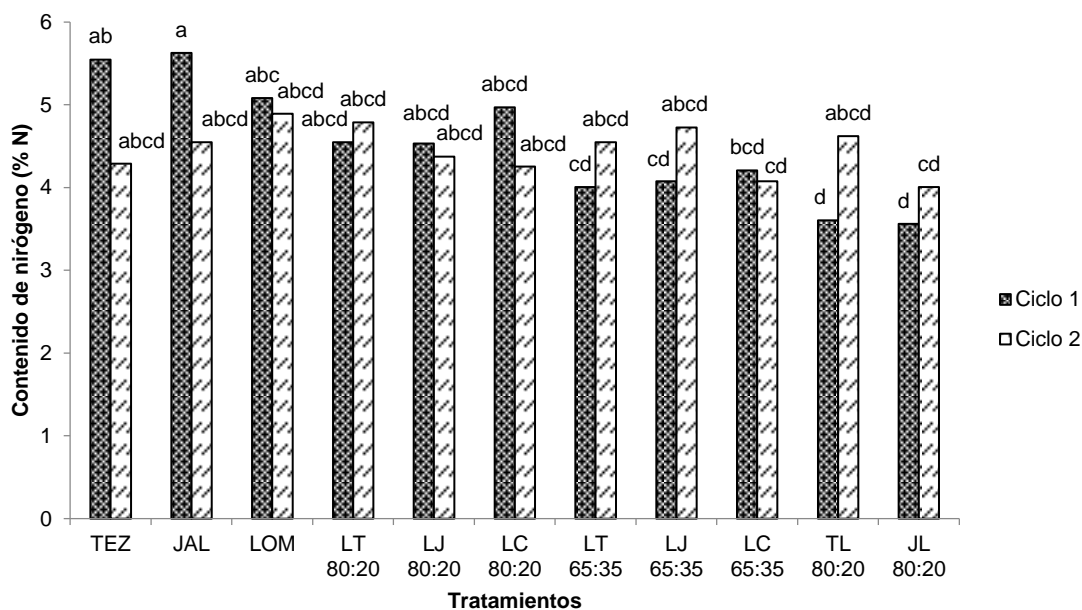


Figura 29. Contenido de nitrógeno de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

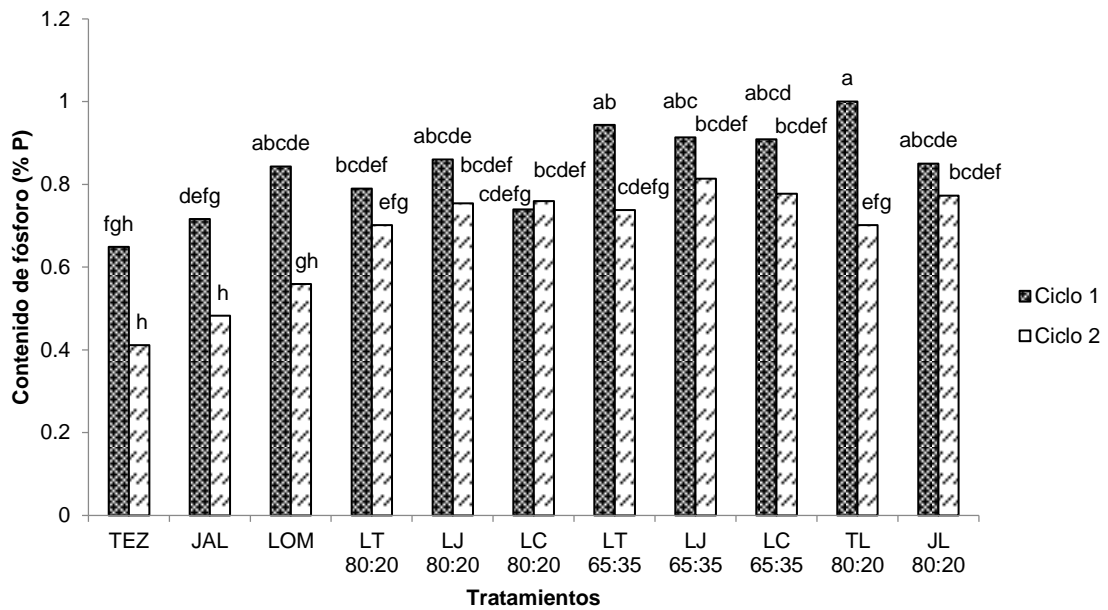


Figura 30. Contenido de fósforo de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

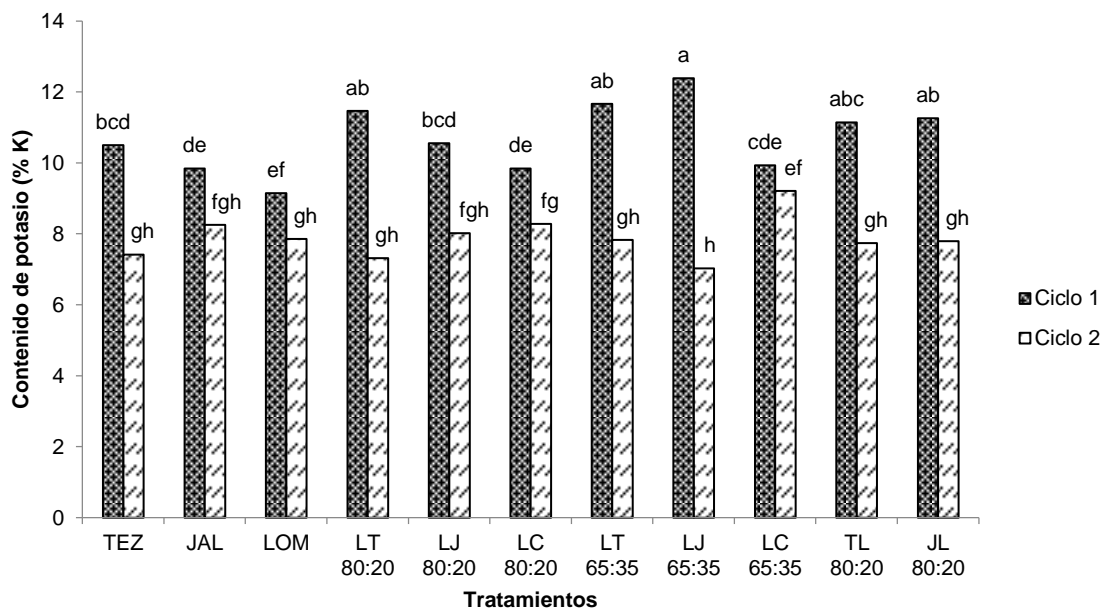


Figura 31. Contenido de potasio de la planta a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

5.1.2. Efecto del factor sustrato sobre las variables de crecimiento y contenido nutrimental

En el análisis del factor sustrato, se observó que con la mayor proporción de lombricomposta al 80 y 65 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35), mantuvieron la mayor altura de planta tanto a los 10 y 20 DDT, y fueron iguales entre sí con valores entre 10.29-11.21 cm (10 DDT) y 21.23-22.41 cm (20 DDT); mientras que los sustratos TEZ, JAL, LOM y JL80:20 presentaron la menor altura en relación a los anteriores (Cuadro 15). A los 30 DDT el comportamiento fue diferente respecto a los 10 y 20 DDT. El sustrato TL80:20 presentó la mayor altura con 36.46 cm y le siguieron los que incluyeron lombricomposta al 80%, LC65:35 y LJ65:35, JAL y LOM. Mientras que JL80:20 y TEZ presentaron la menor altura con 31.25 y 28.46 cm. Es importante indicar que dentro del grupo de los sustratos que no se mezclaron (TEZ, JAL y LOM), el medio de crecimiento TEZ fue el que presentó la menor altura y de los que incluyeron lombricomposta al 20 %, el TL80:20 fue el de mayor altura.

Cuadro 15. Comparación de medias para altura de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Altura (cm)		
	10 DDT	20 DDT	30 DDT
TEZ	9.57 bc [†]	17.03 d	28.46 f
JAL	9.79 bc	18.82 cd	32.71 bcde
LOM	9.82 bc	19.80 bc	33.28 bcd
LT 80:20	10.37 ab	21.81 ab	32.82 bcde
LJ 80:20	10.67 ab	21.35 ab	31.92 bcde
LC 80:20	11.21 a	22.41 a	34.10 b
LT 65:35	10.34 ab	21.23 ab	30.75 ef
LJ 65:35	10.29 ab	21.68 ab	31.71 cde
LC 65:35	10.73 ab	21.88 ab	33.91 bc
TL 80:20	10.47 ab	19.92 bc	36.46 a
JL 80:20	8.82 c	16.78 d	31.25 de
Ciclo de producción (B)			
Primer ciclo	11.25 a	23.65 a	40.59 a
Segundo ciclo	9.12 b	16.85 b	24.38 b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

En cuanto al número de hojas, a los 10 y 30 DDT los sustratos compuestos de lombricomposta a 80 y 65 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35) y sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM) obtuvieron el mayor número de hojas entre 17.50-21.00 (10 DDT) y 38.83-42.16 (30 DDT). (Cuadro 16). No obstante, a los 20 DDT los sustratos que incluyeron lombricomposta al 80 y 65 % mantuvieron el mayor número de hojas entre 25.00 y 33.75. El sustrato JL80:20 manifestó el menor número de hojas es las tres fechas de muestreo con valores de 16.50 (10 DDT), 22.00 (20 DDT) y 31.83 (30 DDT).

Cuadro 16. Comparación de medias para número de hojas de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Número de hojas					
	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
TEZ	17.50	abc [†]	25.00	bc	40.16	a
JAL	18.00	abc	25.50	bc	38.83	a
LOM	18.00	abc	26.00	bc	40.33	a
LT 80:20	20.50	ab	29.50	ab	42.00	a
LJ 80:20	21.00	a	33.75	a	42.16	a
LC 80:20	20.75	a	28.50	ab	40.66	a
LT 65:35	18.25	abc	28.00	ab	40.33	a
LJ 65:35	20.50	ab	28.00	ab	40.33	a
LC 65:35	20.50	ab	28.00	ab	40.50	a
TL 80:20	17.00	bc	24.50	bc	36.50	b
JL 80:20	16.50	c	22.00	c	31.83	c
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	23.54	a	32.68	a	51.18	a
Segundo ciclo	14.36	b	21.63	b	27.66	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

En relación al área foliar, el Cuadro 17 muestra que los sustratos con la proporción de lombricomposta a 80 y 65 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35) presentaron la mayor área foliar entre 17.14-19.39 cm². Los sustratos con el 20 % de lombricomposta (TL80:20 y JL80:20) obtuvieron la menor área foliar con valores de 13.38 y 13.96 cm².

Cuadro 17. Comparación de medias para área foliar de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Área foliar (cm ²) 20 DDT	
TEZ	14.05	cd [†]
JAL	14.97	bcd
LOM	14.89	bcd
LT 80:20	17.33	ab
LJ 80:20	18.01	ab
LC 80:20	17.14	ab
LT 65:35	18.15	ab
LJ 65:35	19.24	a
LC 65:35	19.39	a
TL 80:20	13.96	d
JL 80:20	13.38	d
Ciclo de producción (B)		
Primer ciclo	21.14	a
Segundo ciclo	11.68	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Para el peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta de cilantro (Cuadro 18), los sustratos con lombricomposta a 80 y 65 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35), TEZ, JAL y LOM presentaron el mayor peso a los 10 DDT. Sin embargo, a los 20 y 30 DDT los sustratos con lombricomposta a 80 y 65 % mostraron el mayor peso, donde registraron valores entre 18.42-19.36 g (20 DDT) y 63.77-67.68 g (30 DDT). Cabe mencionar, que los sustratos TEZ, JAL y LOM, tanto a los 20 y 30 DDT, manifestaron el menor peso, así también los sustratos con 20 % de lombricomposta (TL80:20 y JL80:20), donde registraron valores entre 10.05-14.38 g (20 DDT) y 37.70-63.42 g (30 DDT).

Cuadro 18. Comparación de medias para peso de biomasa fresca de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Peso de biomasa fresca de la parte aérea (g)					
	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
TEZ	3.04	abc [†]	11.37	c	37.70	c
JAL	2.24	abc	11.72	bc	63.42	b
LOM	2.29	abc	14.38	bc	53.89	b
LT 80:20	3.17	a	19.36	a	65.03	a
LJ 80:20	3.10	ab	19.15	a	67.62	a
LC 80:20	2.99	ab	19.24	a	67.68	a
LT 65:35	2.54	abc	18.61	ab	63.78	a
LJ 65:35	2.26	abc	18.63	ab	64.21	a
LC 65:35	2.41	abc	18.42	ab	63.77	a
TL 80:20	2.22	bc	11.05	c	46.91	b
JL 80:20	2.01	c	10.05	c	50.73	b
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	3.25	a	20.59	a	80.46	a
Segundo ciclo	1.83	b	10.68	b	34.95	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

La comparación de medias en peso de biomasa seca de la parte aérea a los 10 DDT (Cuadro 19), muestra en general, a excepción de TEZ, TL80:20 y JL80:20, valores iguales entre 0.27-0.36 g. Los sustratos que comprendieron de lombricomposta a 80 y 65 % mantuvieron el mayor peso de biomasa seca a los 20 y 30 DDT con valores entre 3.79-3.96 g (20 DDT) y 9.04-9.71 g (30 DDT). En tanto que los sustratos a 20 % de lombricomposta (TL80:20 y JL80:20) y sin mezclar (TEZ, JAL y LOM) obtuvieron el menor peso a los 20 y 30 DDT.

Cuadro 19. Comparación de medias para peso de biomasa seca de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Peso de biomasa seca de la parte aérea (g)					
	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
TEZ	0.24	b [†]	2.94	c	6.41	c
JAL	0.28	ab	3.19	bc	6.81	c
LOM	0.27	ab	2.97	bc	7.36	bc
LT 80:20	0.34	ab	3.86	a	9.18	ab
LJ 80:20	0.36	a	3.96	a	9.71	a
LC 80:20	0.32	ab	3.87	a	9.12	ab
LT 65:35	0.31	ab	3.82	a	9.04	ab
LJ 65:35	0.28	ab	3.81	ab	9.11	ab
LC 65:35	0.29	ab	3.79	ab	9.35	a
TL 80:20	0.25	b	2.84	c	6.31	c
JL 80:20	0.26	b	2.88	c	6.35	c
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	0.35	a	5.39	a	9.16	a
Segundo ciclo	0.23	b	1.50	b	6.97	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Las medias de las lecturas SPAD a los 10 DDT (Cuadro 20), muestran que todos los sustratos, a excepción de JL80:20, presentaron las mayores lecturas SPAD. Hacia los 20 y 30 DDT, la mayoría de los medios de crecimiento TEZ, JAL, LOM, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35 y TL80:20 mantuvieron las mayores lecturas entre 35.25-37.68 (20 DDT) y 36.60-39.15 (30 DDT). Sin embargo, el sustrato LT80:20 presentó las menores lecturas SPAD a los 20 y 30 DDT, así también el medio de crecimiento JL80:20.

Cuadro 20. Comparación de medias para lecturas SPAD de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Lecturas SPAD					
	10 DDT		20 DDT		30 DDT	
TEZ	33.00	ab [†]	36.15	ab	38.66	ab
JAL	32.31	ab	37.15	ab	38.61	ab
LOM	32.86	ab	36.65	ab	37.95	ab
LT 80:20	33.36	ab	34.25	b	35.93	b
LJ 80:20	33.30	ab	36.05	ab	37.00	ab
LC 80:20	32.68	ab	35.30	ab	37.28	ab
LT 65:35	34.13	ab	37.50	ab	37.66	ab
LJ 65:35	34.46	a	37.68	a	39.15	a
LC 65:35	32.18	ab	35.25	ab	38.40	ab
TL 80:20	33.20	ab	35.56	ab	36.60	ab
JL 80:20	26.63	c	34.41	b	36.25	b
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	29.81	b	34.38	b	32.43	b
Segundo ciclo	35.31	a	37.20	a	42.38	a

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

En relación al contenido de nitrógeno (Cuadro 21), la comparación de medias es similar a las lecturas SPAD, donde la mayoría de los medios de crecimiento como los que comprendieron de lombricomposta al 80 % (LT80:20, LJ80:20 y LC80:20), sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM), LT65:35 y LJ65:35 presentaron el mayor contenido de nitrógeno entre 4.27-5.08 % N y fueron iguales entre sí.

Los sustratos al 80, 65 y 20 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) presentaron el mayor contenido de fósforo (Cuadro 21), donde registraron valores entre 0.74-0.86 % P.

En cuanto a la comparación de medias del contenido de potasio (Cuadro 21), los sustratos que comprendieron de lombricomposta a 80, 65 y 20 %, y el sustrato JAL fueron los de mayor contenido de potasio entre 9.05-9.75 % K en relación a los demás sustratos.

Cuadro 21. Comparación de medias para nitrógeno, fósforo y potasio en planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor	Nitrógeno (%)		Fósforo (%)		Potasio (%)	
Sustrato (A)	20 DDT		20 DDT		20 DDT	
TEZ	4.91	ab [†]	0.53	d	8.96	bc
JAL	5.08	a	0.59	cd	9.05	abc
LOM	4.98	ab	0.70	bc	8.50	c
LT 80:20	4.66	abc	0.74	ab	9.39	ab
LJ 80:20	4.45	abc	0.80	ab	9.29	ab
LC 80:20	4.61	abc	0.74	ab	9.06	abc
LT 65:35	4.27	abc	0.84	a	9.75	a
LJ 65:35	4.40	abc	0.86	a	9.70	ab
LC 65:35	4.14	bc	0.84	a	9.57	ab
TL 80:20	4.11	bc	0.83	a	9.44	ab
JL 80:20	3.78	c	0.81	ab	9.52	ab
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	4.52	a	0.83	a	10.70	a
Segundo ciclo	4.46	a	0.67	b	7.88	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

En relación a los resultados obtenidos a los 10 y 20 DDT en la presente investigación, Ali *et al.* (2007) reportaron en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mayor peso de biomasa fresca y peso de biomasa seca en sustratos con mayor proporción de lombricomposta mezclado con composta (80:20, v/v) en relación con menor proporción de lombricomposta (50:50, v/v). Así mismo, Zaller (2007) encontró mayor peso de biomasa fresca en planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sustrato conformado de lombricomposta (80 %) y turba (20 %) en relación con menores proporciones de lombricomposta (0, 20, 40 y 60 %). Mientras tanto, Singh *et al.* (2010) reportaron mayor peso de biomasa fresca y área foliar en hojas de fresa (*Fragaria vesca* L.) cultivado en sustratos de lombricomposta (50 %) mezclado con residuos vegetales (50 %) en comparación con sustratos a base de residuos vegetales (100 %). Mendoza-Hernández *et al.* (2014) reportaron para cultivo de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) mayor altura y peso de biomasa seca en sustratos conformados con la mayor proporción de lombricomposta (100 % lombricomposta). Mientras tanto, Singh *et al.* (2008) mostraron que en cultivo de fresa, la altura de planta, área foliar, peso de biomasa fresca y peso de biomasa seca manifestaron mejores resultados en suelo abonado con la mayor cantidad de lombricomposta (10 t ha⁻¹) en relación con menores cantidades de lombricomposta (2.5, 5.0 y 7.5 t ha⁻¹). En cambio, otros autores como Bachman y Metzger (2008) probaron bajas proporciones de lombricomposta y obtuvieron mayor peso de biomasa fresca en planta de tomate en sustratos con proporción de lombricomposta al 20 % en comparación con proporciones al 10 y 5 % mezclados con residuos vegetales.

En diferentes investigaciones indican que la lombricomposta es una alternativa como medio de crecimiento para la producción de cultivos en contenedor y que los mejores resultados en cuanto a mayor crecimiento y rendimiento se obtienen en mayores proporciones de esta (Ortega-Martínez *et al.*, 2010; Mendoza-Hernández *et al.*, 2014; Lopes-Olivares *et al.*, 2015).

No obstante, se observó que la cantidad de lombricomposta en proporción con otros materiales dependerá del tipo de cultivo, variedad y de las condiciones agroclimáticas de la región (Zaller, 2007; Singh *et al.*, 2008).

En base a lo anterior, Benito *et al.* (2005) sugieren utilizar proporciones al 90 y 75 % de lombricomposta en cultivo de ballico (*Lolium perenne* L.) y ciprés (*Cupressus sempervirens* L.). Por su parte, Márquez-Hernández *et al.* (2008) y Mendoza-Hernández *et al.* (2014) recomiendan proporciones al 50 % de lombricomposta en cultivo de tomate. En cambio, diversos autores sugieren menores proporciones de lombricomposta, como Manh y Wang (2014) quienes indican que la proporción ideal de lombricomposta en sustrato es de 30 % en cultivos de melón (*Cucumis melo* L.); Morales-Corts *et al.* (2014) proponen utilizar 25 % de lombricomposta en el medio de crecimiento en cultivos de romero y lechuga, mientras que Arancon *et al.* (2004) recomiendan una mezcla de sustrato con 20 % de lombricomposta en cultivo de chile pimiento (*Capsicum annum* L.).

En el caso de la altura de la planta de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en la presente investigación a los 30 DDT, el sustrato TL80:20 presentó la mayor altura. Tal comportamiento pudo deberse a que este sustrato TL80:20 mostró en las propiedades físicas iniciales la mayor porosidad total, capacidad de aireación y capacidad de retención de humedad (PT: 80.30 %; CA: 28.43 %; CRH: 51.83 %) en relación con los demás sustratos mezclados con lombricomposta (Cuadro 2).

Esto guardó relación con Gutiérrez-Miceli *et al.* (2008) quienes obtuvieron en plantas de maíz (*Zea mays* L.) mayor altura y número de hojas cultivados en sustratos de lombricomposta (5 %) y peat moss (95 %) que presentaron en las propiedades físicas la mayor porosidad total (73 %), capacidad de aireación (48 %) y capacidad de retención de humedad (25 %) en comparación con sustratos de mayor proporción de lombricomposta (10 %).

En relación a las lecturas SPAD, estas pueden indicar de manera indirecta el contenido de clorofila o nitrógeno (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 1998; Hawkins *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2010), y en diferentes investigaciones se ha observado que las lecturas SPAD muestran similitud en diferentes proporciones de lombricomposta, como Ali *et al.* (2007) quienes obtuvieron igual contenido de clorofila en lechuga cultivado en sustratos con diferentes proporciones de lombricomposta al 80 y 50 % mezclado con composta, y con sustratos a base de residuos vegetales al 100 %. Así mismo, Carmona *et al.* (2012) mostraron en cultivo de lechuga y chile pimiento lecturas SPAD iguales en sustratos conformados de lombricomposta: peat moss (50:50, 33:67, 100:0, v/v).

Por otra parte, el incremento del contenido de fósforo y potasio en el tejido foliar por el uso de materiales lombricompostados, como sucedió en la presente investigación, también se ha observado en otros trabajos. Singh *et al.* (2010) obtuvieron mayor contenido de fósforo y potasio en hojas de fresa cultivado en sustratos conformado de lombricomposta (66 %) y residuos vegetales (34 %), en relación con menores proporciones de lombricomposta (50 y 0 %). Por su parte, Manh y Wang (2014) reportaron en hojas de melón mayor contenido de fósforo y potasio cultivado en sustratos con mayor proporción de lombricomposta (33 %) mezclado con cascarilla de arroz quemado (33 %) y fibra de coco (33 %) en relación con menor proporción de lombricomposta (0 %).

La lombricomposta contiene nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, que al ser utilizados como sustrato con otros materiales, provoca mayor desarrollo en las plantas y pueden mostrar efectos favorables en el contenido nutrimental (Márquez-Hernández *et al.*, 2008; Félix-Herrán *et al.*, 2010; Jayasinghe *et al.*, 2010; Theunissen *et al.*, 2010). Cabe mencionar que el valor nutricional de la lombricomposta dependerá de su composición, por lo que los resultados pueden ser variables (Ariel *et al.*, 2009).

Acorde a la respuesta que presentó la planta de cilantro cultivado en sustratos al 80 y 65 % de lombricomposta hasta los 20 DDT y donde mostró una longitud entre de 21 y 22 cm, un mayor follaje, y mayor contenido de fósforo y potasio, se sugiere emplear estos medios de crecimiento para la producción del cultivo de cilantro, debido a que los resultados que se obtuvieron son ideales para su comercialización a nivel nacional en mercados locales (tianguis, mercados sobre ruedas o centrales de abastos) (Carrillo-Becerra *et al.*, 2015).

Los resultados en lecturas SPAD que se obtuvieron en la presente investigación guardaron similitud con el contenido de nitrógeno que presentó el cultivo de cilantro en la mayoría de los sustratos, por lo que se recomienda en estudios posteriores evaluar y comparar las lecturas SPAD del cultivo de cilantro y determinar la correlación con el contenido de nitrógeno, y observar si es adecuado correlacionar las lecturas SPAD o contenido de nitrógeno con las demás variables de crecimiento.

Finamente, es necesario considerar el costo de los sustratos, ya que este aspecto puede influir en la selección o no de un sustrato. Además, es necesaria la caracterización física y química de los materiales para la toma de decisiones sobre su utilización para el cultivo de plantas en contenedor.

5.1.3. Efecto del factor ciclo de producción sobre las variables de crecimiento y contenido nutrimental

Las variables de crecimiento (altura, número de hojas, área foliar, peso de biomasa fresca y peso de biomasa seca) mostraron mejores resultados en el primer ciclo de producción tanto a los 10, 20 y 30 DDT (Cuadro 15, 16, 17, 18 y 19). En lecturas SPAD, las plantas de cilantro manifestaron mayores lecturas en el segundo ciclo de producción en las diferentes fechas de muestreo (Cuadro 20). En relación al contenido nutrimental, el fósforo y potasio presentaron mayor contenido en el primer ciclo de producción (Cuadro 21), mientras que en el contenido de nitrógeno los resultados fueron iguales en ambos ciclos de producción (Cuadro 21).

En el primer ciclo de producción la temperatura máxima promedio fue de 39.9 °C y la temperatura mínima promedio fue 19.2 °C. Para el segundo ciclo de producción la temperatura máxima promedio fue de 34.1 °C y la temperatura mínima promedio fue de 7.8 °C, de lo cual se deduce un diferencial entre temperaturas máximas y mínimas menor en el segundo ciclo de producción. Es decir, el primer ciclo de producción fue menos frío lo cual pudo contribuir a los resultados obtenidos.

En relación a lo anterior, Messinger y Lauerer (2015) emplearon en un mismo año dos ciclos de producción en cultivo de lulo (*Solanum quitoense*) y obtuvieron mayor rendimiento en el ciclo que presentó las temperaturas más elevadas (30 °C) en relación al ciclo de producción con las menores temperaturas (24 °C). De la misma manera, Samperio *et al.* (2015) cultivaron ciruela roja japonesa (*Prunus salicina* L.) en cinco ciclos de producción en años seguidos, donde obtuvieron mayor producción en dos de los ciclos que presentaron mayores temperaturas (35 °C) con respecto a los demás ciclos (33 °C). Campiglia *et al.* (2014) llevaron a cabo dos ciclos de producción de endibia (*Cichorium endivia* L.) y col de Milán (*Brassica oleracea* var. *sabauda*), y obtuvieron mayor rendimiento y menores lecturas SPAD en ambos cultivos en el ciclo de producción que presentó la mayor temperatura (14.6 °C) en relación al ciclo de producción más frío (12.8 °C)

Por otra parte, Baslam *et al.* (2013) cultivaron lechuga en las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno de un mismo año y obtuvieron mayor contenido fósforo y potasio en el periodo de verano (27.8 °C), que junto con el periodo de primavera (21.3 °C) presentaron temperaturas superiores al periodo de otoño (16.1 °C) e invierno (8.5 °C).

Bajo estos argumentos, los autores previamente citados obtuvieron mejores resultados en los ciclos de producción que presentaron temperaturas más elevadas; esto guarda relación con Deng *et al.* (2015), y Messinger y Lauerer (2015) quienes mencionan que los cultivos hortícolas muestran respuestas favorables en temperaturas menos frías.

Es importante señalar que los medios de crecimiento en el cultivo de cilantro solo fueron evaluados en la estaciones de otoño e invierno, por lo que se recomienda en estudios posteriores evaluar y comparar el cultivo de cilantro en las estaciones de primavera y verano.

5.2. Análisis de varianza de las variables en poscosecha

El contenido de fenoles totales, flavonoides, actividad antioxidante, pérdida de peso, vida en anaquel y componentes de color mostraron diferencias altamente significativas para el factor sustrato, factor ciclo de producción, y en la interacción sustrato y ciclo de producción en las diferentes fechas de muestreo (Cuadro 22, 23, 24, 25, 26 y 27). La pérdida de peso a los 3 DDC no presentó diferencias en el factor sustrato, y en la interacción sustrato y ciclo de producción (Cuadro 23).

Cuadro 22. Análisis de varianza para contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante en planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Fenoles totales			Flavonoides		Actividad antioxidante	
	20 DDT			20 DDT		20 DDT	
	GL	F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	5.21	<0.001	199.10	<0.001	68.64	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	686.90	<0.001	24784.4	<0.001	280.95	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	24.18	<0.001	212.18	<0.001	29.72	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 23. Análisis de varianza para pérdida de peso de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Pérdida de peso								
	3 DDC			6 DDC		9 DDC		12 DDC	
	GL	F	P	F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	2.11	0.0698	10.11	<0.001	17.21	<0.001	8.41	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	24.89	<0.001	202.62	<0.001	1635.26	<0.001	723.30	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	2.11	0.0698	29.29	<0.001	31.67	<0.001	10.70	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 24. Análisis de varianza para vida en anaquel de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Vida en anaquel		
	GL	F	P
Sustrato (A)	10	9.14	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	175.00	<0.001
Tratamiento x Ciclo de producción	10	3.09	0.0132

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 25. Análisis de varianza para luminosidad de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Luminosidad								
	GL	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC	
		F	P	F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	334.74	<0.001	659.37	<0.001	716.17	<0.001	100.76	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	10.93	<0.001	29.39	<0.001	26.00	<0.001	25.56	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	4.52	<0.001	16.40	<0.001	16.51	<0.001	12.44	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 26. Análisis de varianza para hue de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Hue								
	GL	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC	
		F	P	F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	230.53	<0.001	178.85	<0.001	165.89	<0.001	219.15	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	47.78	<0.001	21.33	<0.001	47.74	<0.001	50.55	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	9.41	<0.001	14.57	<0.001	15.89	<0.001	14.50	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

Cuadro 27. Análisis de varianza para croma de la parte aérea de la planta de cilantro en poscosecha. Xalisco, Nayarit.

Recurso de variación	Croma								
	GL	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC	
		F	P	F	P	F	P	F	P
Sustrato (A)	10	2986.73	<0.001	3260.81	<0.001	3094.83	<0.001	2955.49	<0.001
Ciclo de producción (B)	1	98.19	<0.001	116.21	<0.001	117.12	<0.001	123.36	<0.001
Sustrato x Ciclo de producción	10	38.48	<0.001	37.87	<0.001	33.92	<0.001	31.64	<0.001

DDT: Días después del trasplante; GL: Grados de libertad; F: Valor de F calculada; P: Probabilidad.

5.2.1. Interacción de sustrato y ciclo de producción sobre las variables en poscosecha.

Del análisis de interacción sustrato y ciclo de producción, se observó que los sustratos LOM, LT80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35 del segundo ciclo de producción presentaron la mayor respuesta en contenido de fenoles totales entre 14.36-17.23 g CAE/100 g (20 DDT); mientras que JAL y LOM del primer ciclo de producción manifestaron ser los sustratos con el menor contenido de fenoles totales (Figura 32).

En cuanto al contenido de flavonoides (Figura 33), los sustratos a 65 % de lombricomposta (LT65:35, LJ65:35 y LC65:35) del segundo ciclo mostraron mayor efecto, donde registraron valores entre 1.85-1.95 g QE/100 g (20 DDT); sin embargo, todos los sustratos del primer ciclo de producción presentaron menor contenido de flavonoides y fueron iguales entre sí. El sustrato LC65:35 del primer ciclo de producción obtuvo la mayor actividad antioxidante a los 20 DDT con 88.10 % DPPH (Figura 34). Por su parte, el sustrato JAL en ambos ciclos de producción, así también TEZ, LT80:20, LJ80:20 y LC80:20 del segundo ciclo de producción presentaron la menor respuesta.

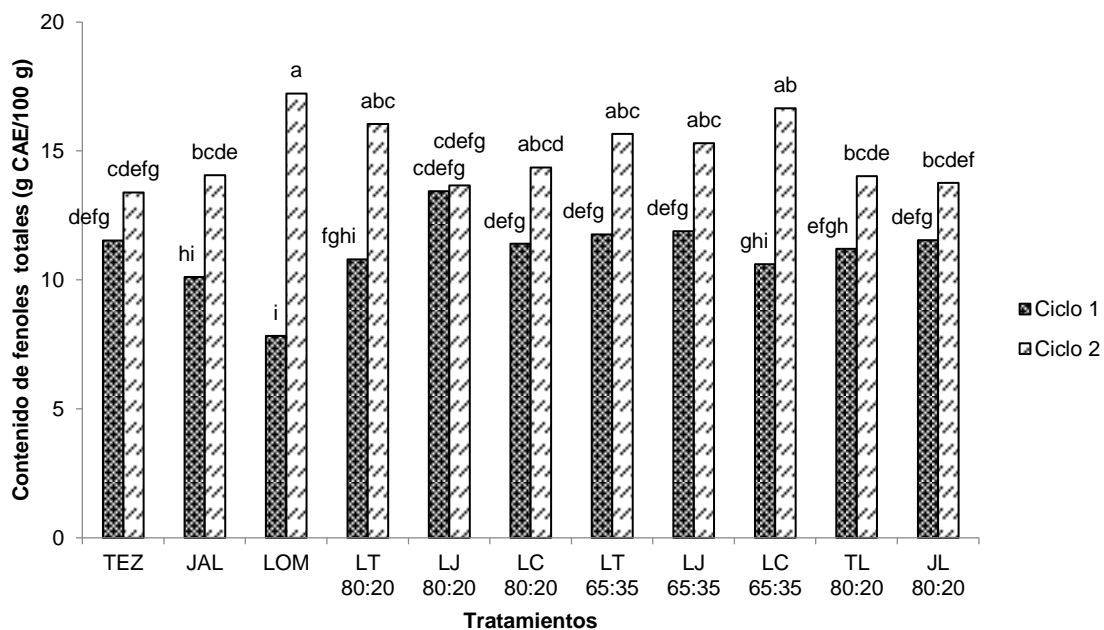


Figura 32. Contenido de fenoles totales a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

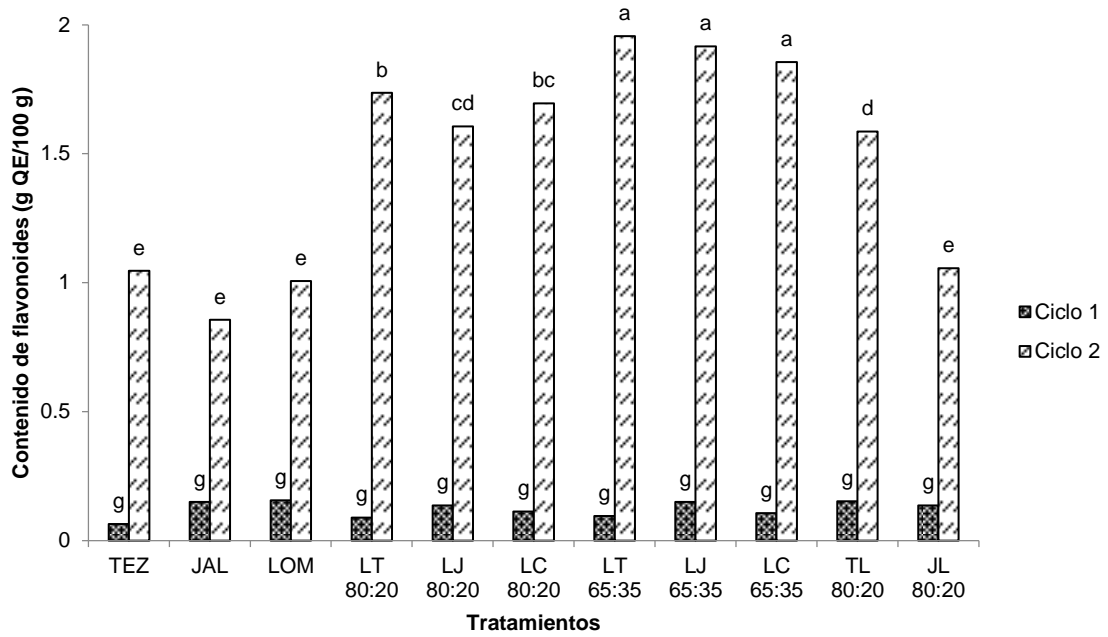


Figura 33. Contenido de flavonoides a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

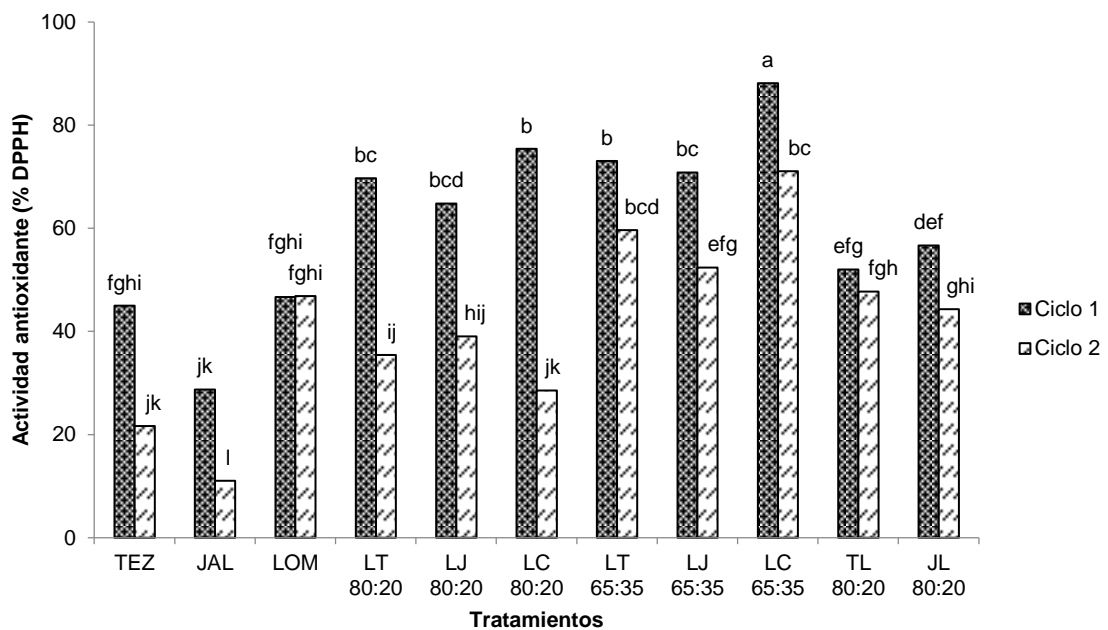


Figura 34. Actividad antioxidante a los 20 DDT (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En términos generales de la pérdida de peso de la parte aérea de la planta, los sustratos con proporción a 80 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20 y LC80:20), LJ65:35, LC5:35, TL80:20 y JL80:20 del primer ciclo de producción, presentaron la mayor pérdida de peso de la parte aérea de la planta en las diferentes fechas de muestreo, donde registraron valores entre 4.87-6.09 % (6 DDC), 9.74-11.40 % (9 DDC) y 12.50-15.01 % (12 DDC) (Figura 35, 36 y 37). Por su parte, los sustratos TEZ y JAL del primer ciclo mostraron la menor pérdida de peso a los 6 DDC, mientras que LOM, LT80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20 del segundo ciclo lo manifestaron a los 9 DDC. Se observó que todos los sustratos del segundo ciclo a excepción de LC80:20, lograron la menor pérdida de peso a los 12 DDC con valores entre 2.67-6.12 %.

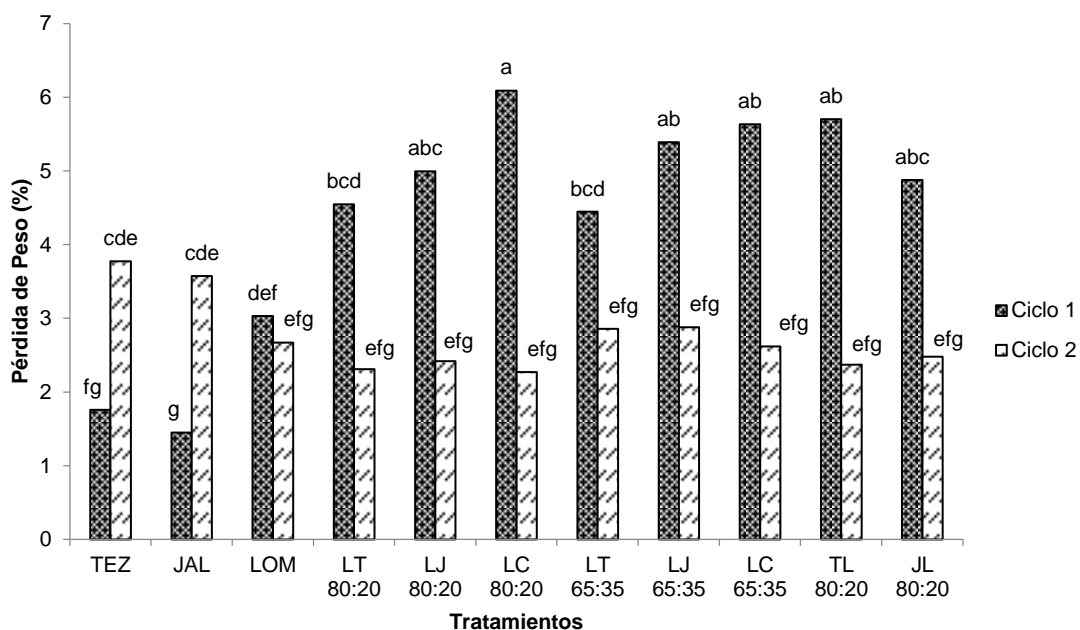


Figura 35. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

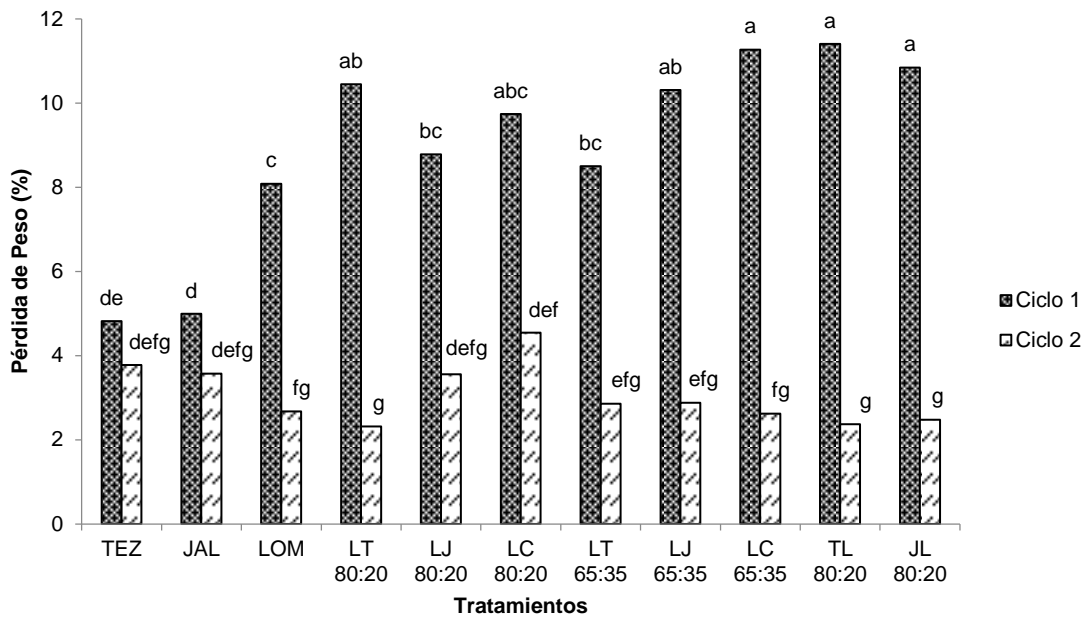


Figura 36. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

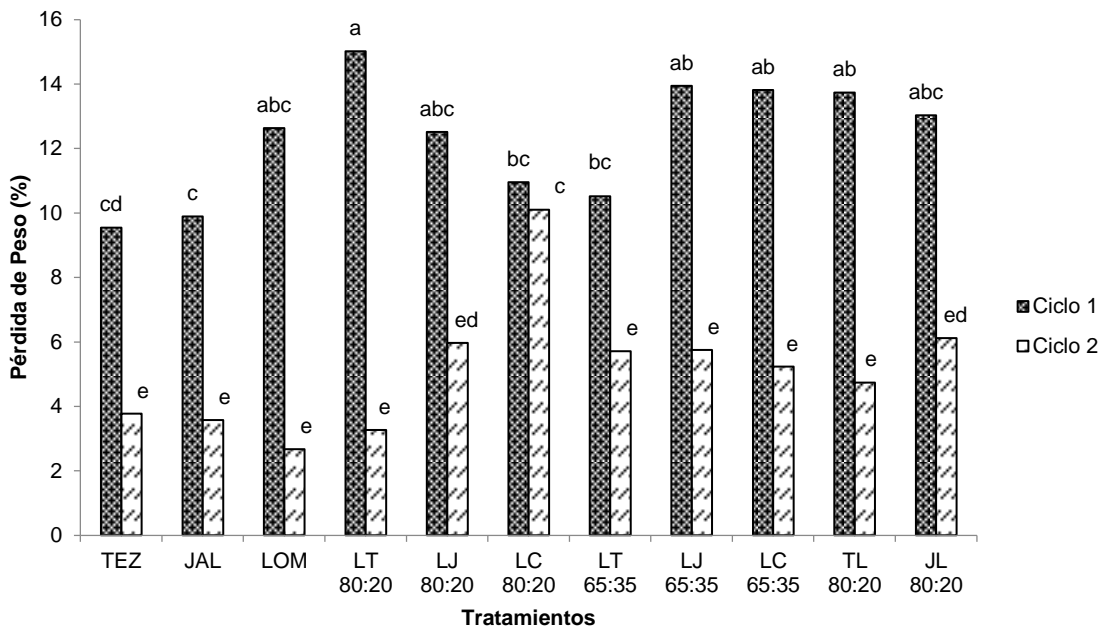


Figura 37. Pérdida de peso de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En vida en anaquel (Figura 38), todos los sustratos del primer ciclo de producción, así también los sustratos sin mezclar TEZ, JAL y LOM del segundo ciclo presentaron el mayor número de días de vida en anaquel entre 10.5-12.0 y fueron iguales entre sí. No obstante, los medios de crecimiento con proporción de lombricomposta a 80, 65 y 20 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC5:35, TL80:20 y JL80:20) del segundo ciclo fueron los sustratos que manifestaron la menor cantidad de días de vida en anaquel con valores entre 9.0-9.5.

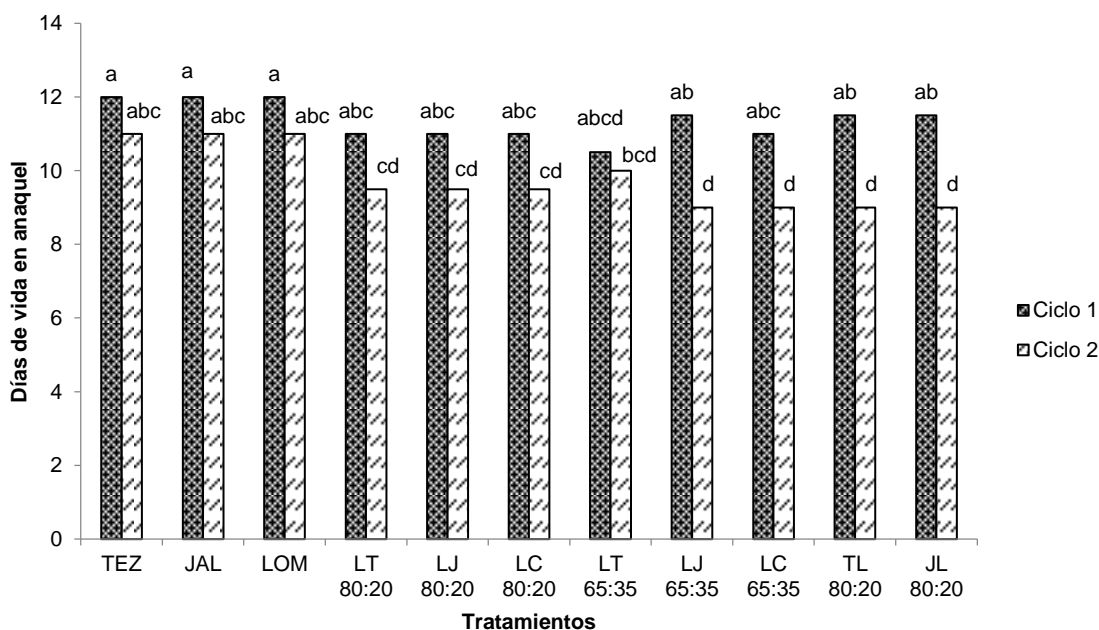


Figura 38. Vida en anaquel de la parte aérea de la planta (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

A través del tiempo de evaluación en poscosecha, se observó a los 3, 6 y 12 DDC, los sustratos LT80:20, LJ80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35 correspondientes al primer ciclo de producción presentaron la mayor luminosidad, donde obtuvieron valores entre 53.74-58.20 (3 DDC), 47.45-49.85 (6 DDC) y 41.56-42.62 (12 DDC) (Figura 39, 40 y 42). Mientras que los sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM), así también TL80:20 y JL80:20 del segundo ciclo de producción presentaron la menor luminosidad tanto a los 3, 6 y 12 DDC.

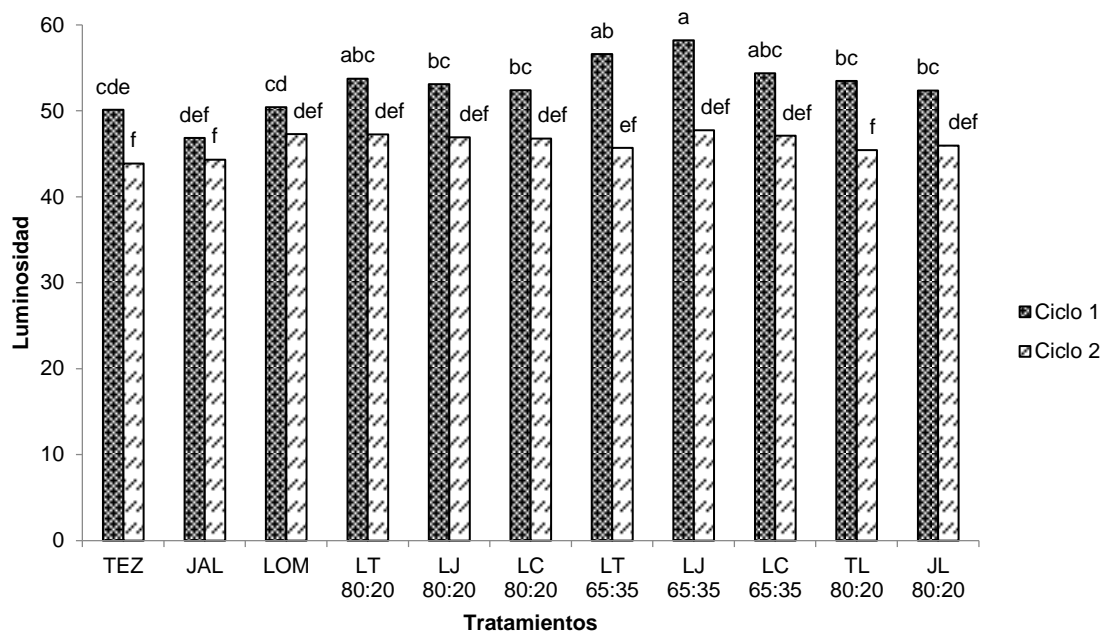


Figura 39. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

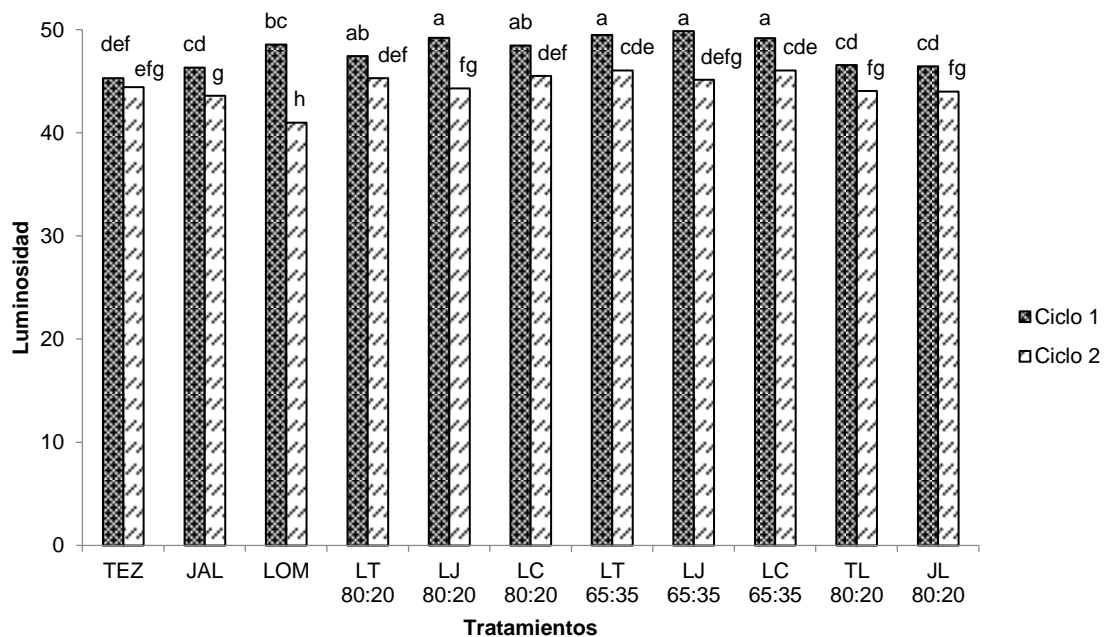


Figura 40. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

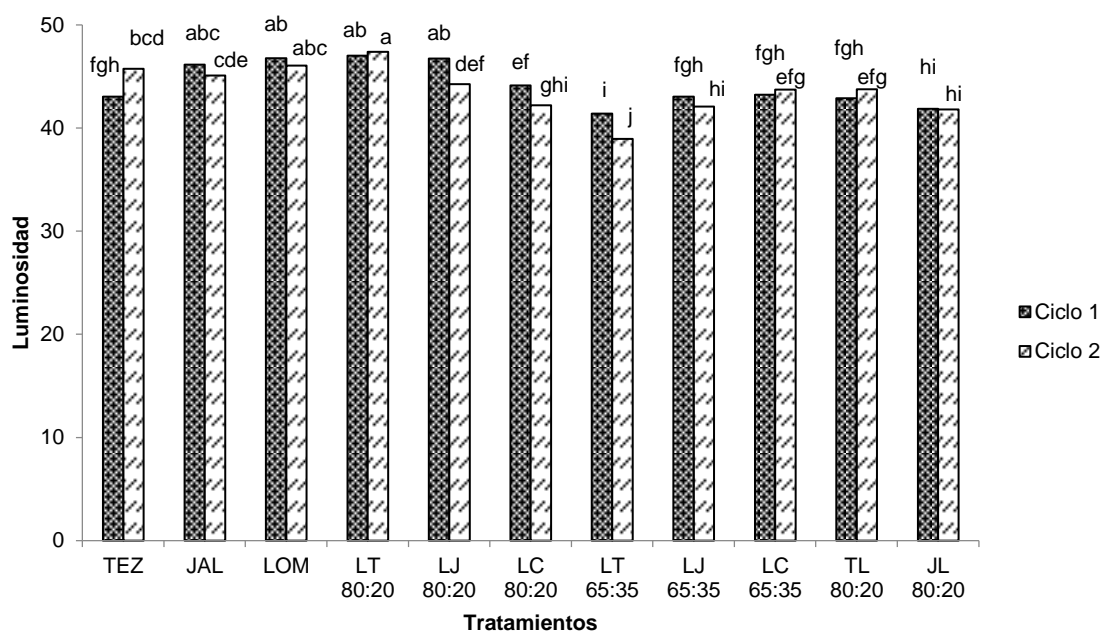


Figura 41. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

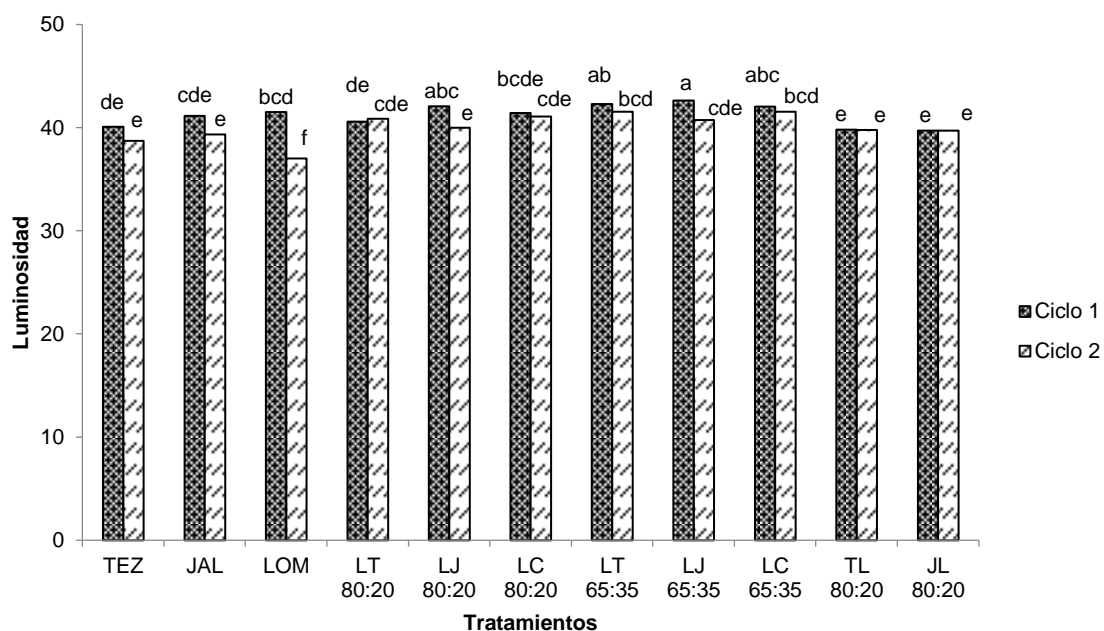


Figura 42. Luminosidad de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

En términos generales, los valores que presentaron los medios de crecimiento JAL, LOM, LT80:20 y LJ80:20 del segundo ciclo de producción manifestaron el mayor hue durante el periodo de evaluación, con valores entre 126.72-129.33 (3 DDC), 122.59-125.09 (6 DDC) y 113.01-116.09 (12 DDC) (Figura 43, 44 y 46). Por otro lado, los sustratos con proporción de lombricomposta a 80, 65 y 20 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) del primer ciclo de producción obtuvieron el menor hue en las diferentes fechas evaluadas (Figura 43, 44 y 46).

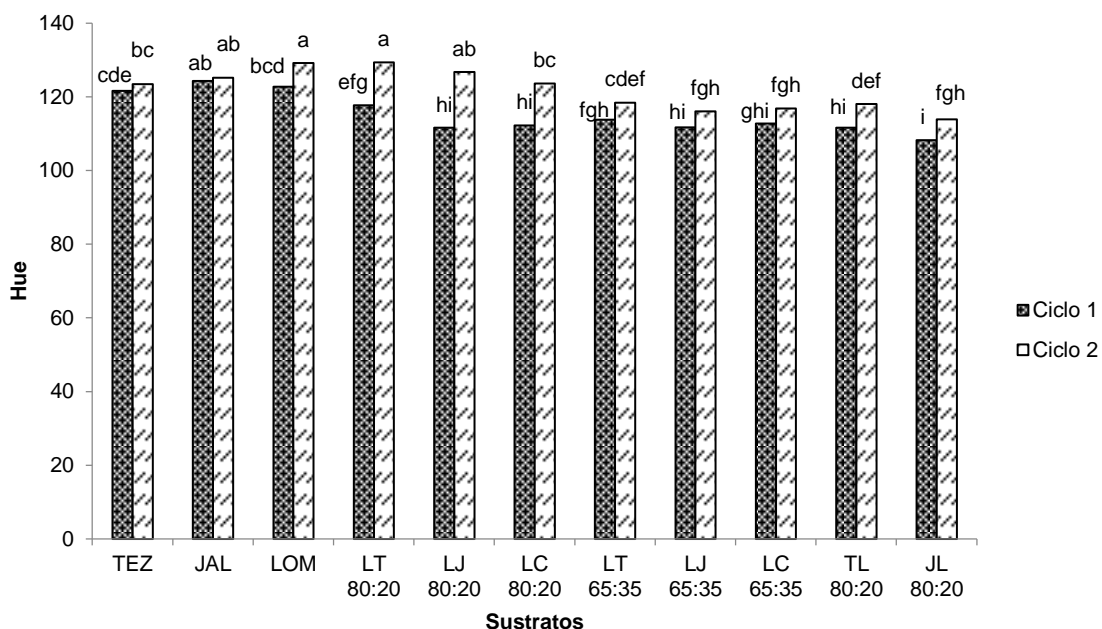


Figura 43. Hue de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

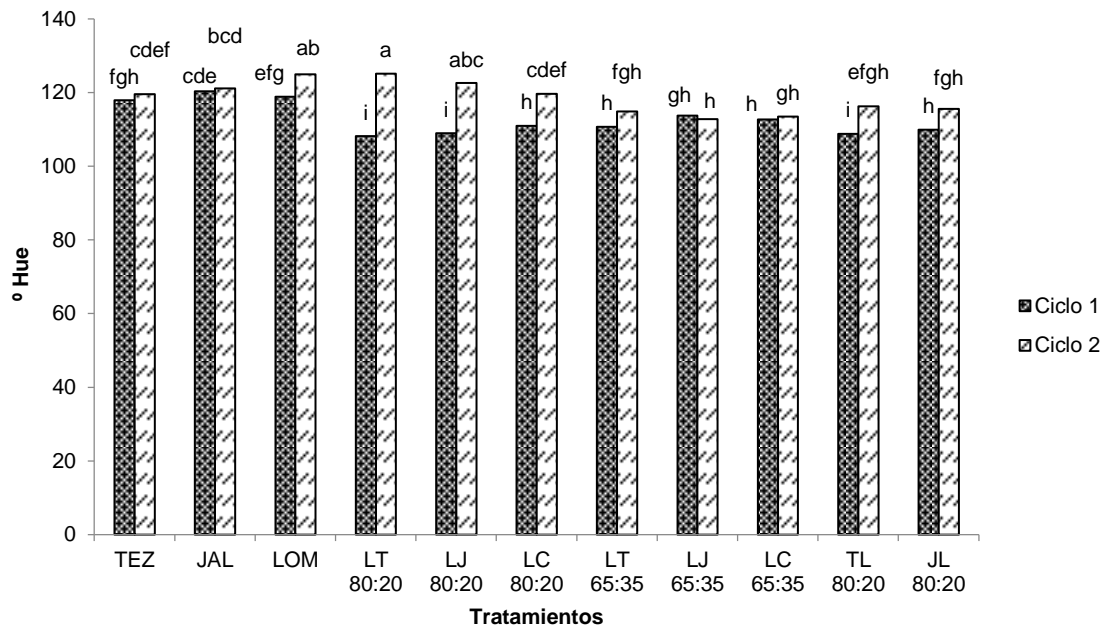


Figura 44. Hue de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

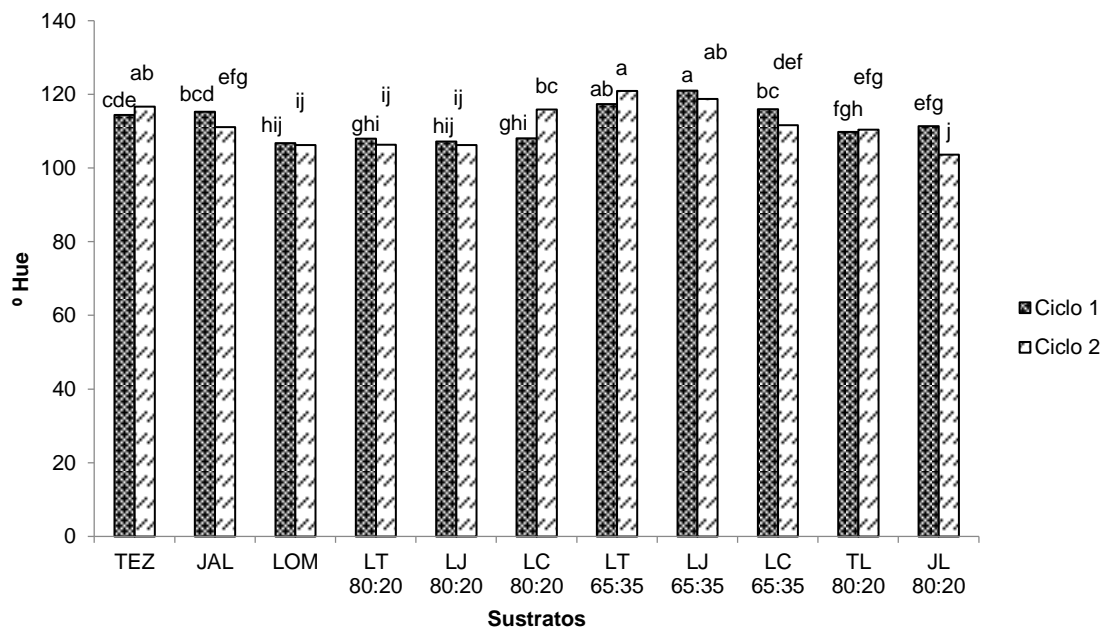


Figura 45. Hue de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

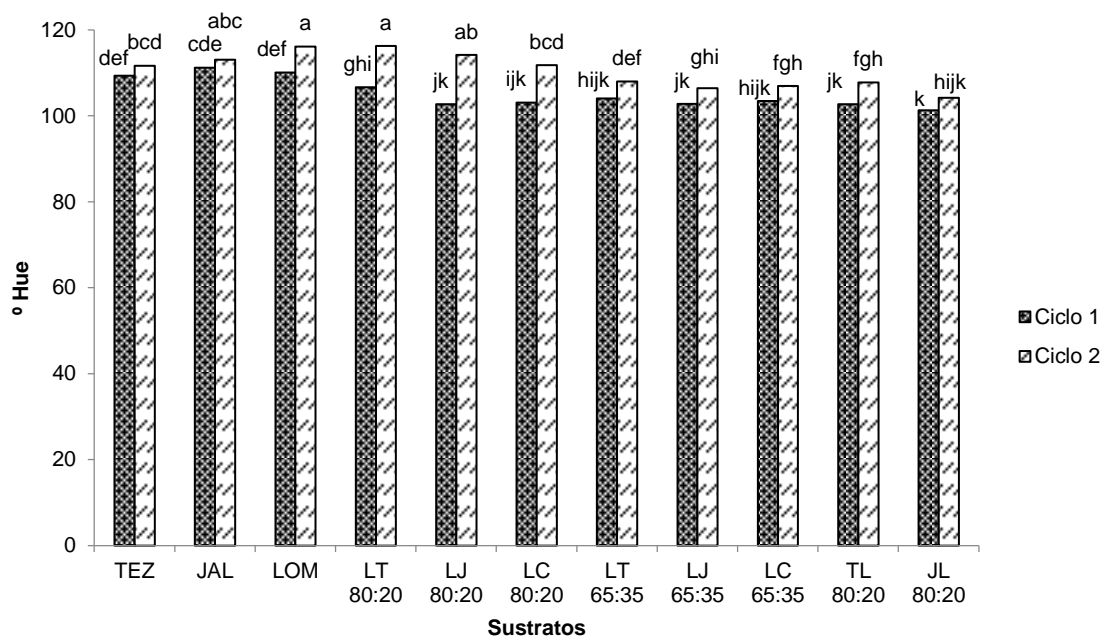


Figura 46. Hue de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

Con respecto a los valores de croma, los sustratos a 65 y 20 % de lombricomposta (LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20), así también LC80:20 del primer ciclo de producción fueron constantes al presentar el mayor croma durante el periodo de evaluación y registraron valores entre 18.34-19.20 a los 3 DDC, 19.93-20.86 a los 6 DDC y 22.28-23.22 a los 12 DDC (Figura 47, 48 y 50), mientras que los sustratos TEZ, JAL, LOM, LJ80:20 y LC80:20 del segundo ciclo manifestaron ser los medios de crecimiento con el menor croma.

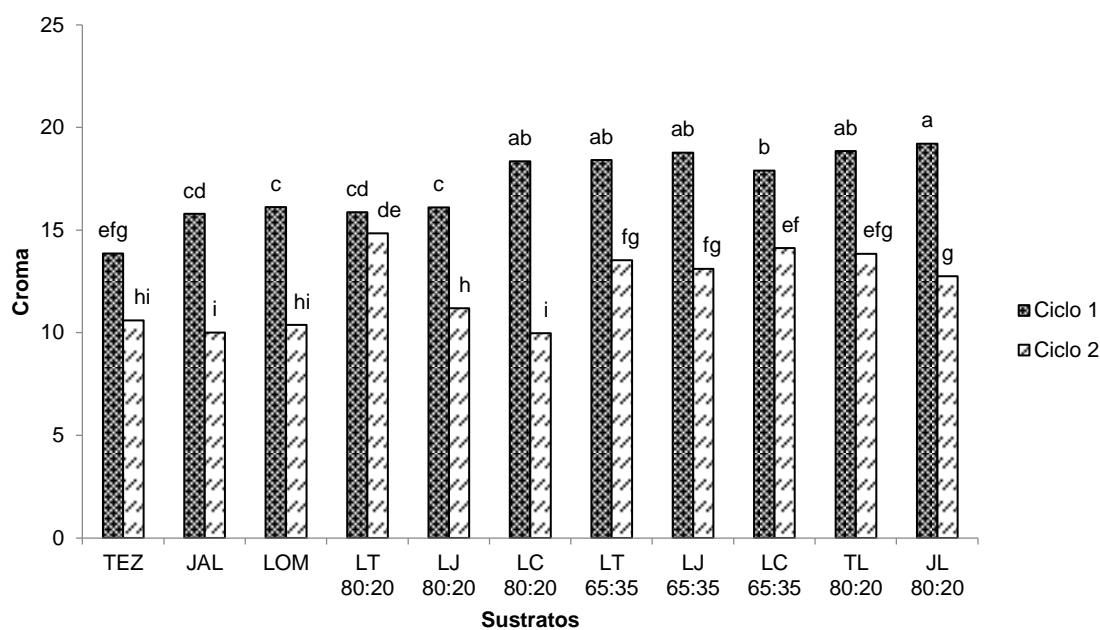


Figura 47. Cromo de la parte aérea de la planta a los 3 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

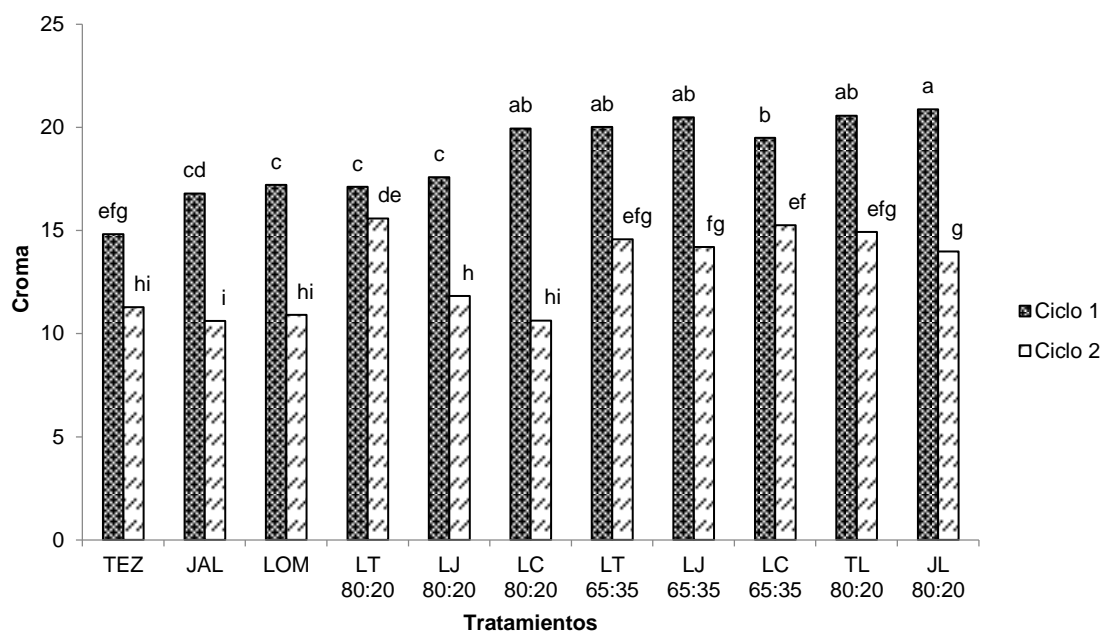


Figura 48. Cromo de la parte aérea de la planta a los 6 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

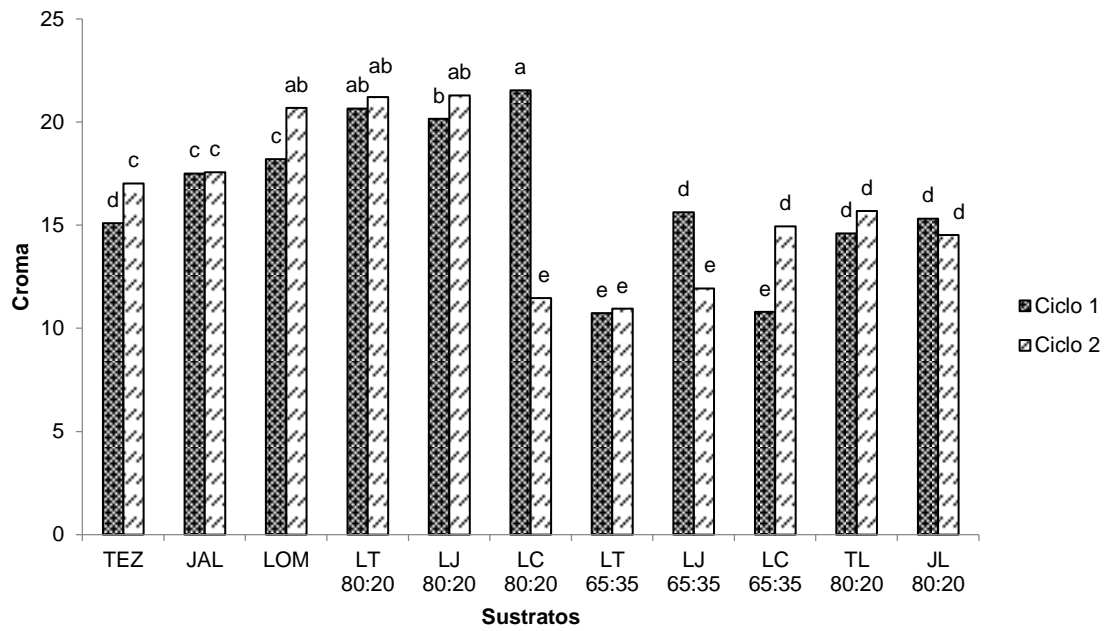


Figura 49. Croma de la parte aérea de la planta a los 9 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

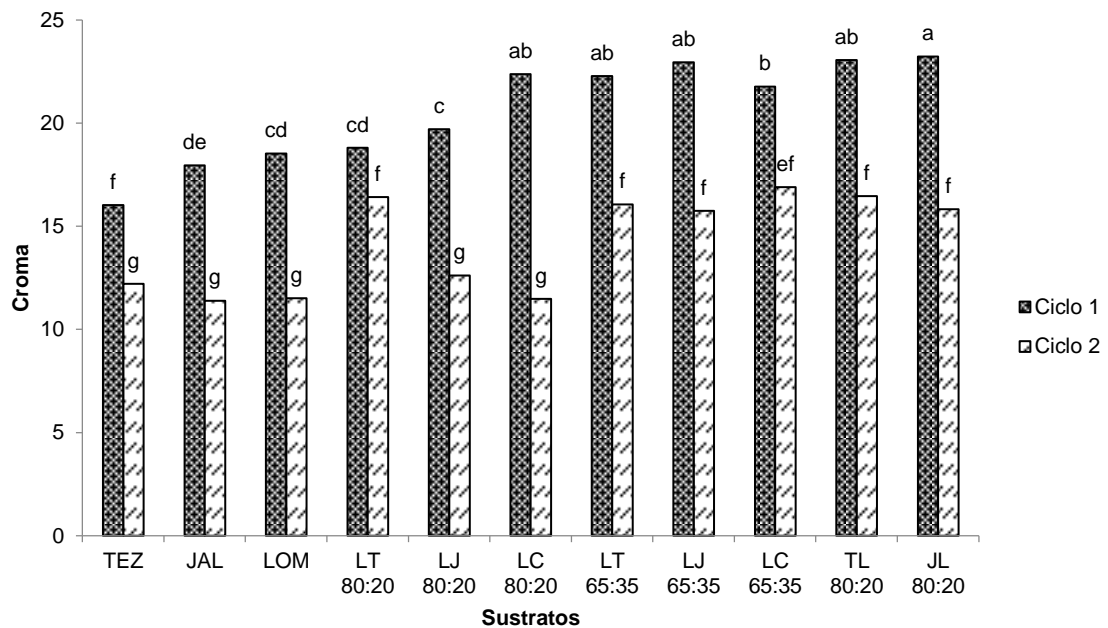


Figura 50. Croma de la parte aérea de la planta a los 12 DDC (A x B). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta.

5.2.2. Efecto del factor sustrato sobre las variables en poscosecha

En relación al contenido de fenoles totales, los sustratos mezclados con lombricomposta a 80, 65 y 20 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20), y LOM presentaron el mayor contenido de fenoles totales entre 12.53-13.71 g EAC/100g (Cuadro 28).

Los sustratos LT65:35, LJ65:35 y LC65:35 obtuvieron el mayor contenido de flavonoides, donde mostraron valores entre 0.98-1.03 g EQ/100g, mientras que los sustratos TEZ, JAL, LOM y JL80:20 registraron el menor contenido (Cuadro 28).

En actividad antioxidante, LC65:35 obtuvo el mayor valor en relación a los demás sustratos con 79.59 % DPPH. Sin embargo, se observó que los medios de crecimiento TEZ y JAL presentaron la menor actividad antioxidante, donde alcanzaron valores entre 33.32-35.63 % DPPH (Cuadro 28).

Cuadro 28. Comparación de medias para fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Fenoles totales (g EAC / 100g)		Flavonoides (g EQ/100g)		Actividad antioxidante (% DPPH)	
	20 DDT		20 DDT		20 DDT	
TEZ	12.45	bc [†]	0.55	cd	33.32	d
JAL	12.09	c	0.50	d	35.63	d
LOM	12.53	abc	0.58	c	46.77	c
LT 80:20	13.42	ab	0.91	b	51.97	c
LJ 80:20	13.55	ab	0.87	b	59.62	c
LC 80:20	12.88	abc	0.90	b	51.97	c
LT 65:35	13.71	a	1.02	a	66.34	b
LJ 65:35	13.68	a	1.03	a	61.61	b
LC 65:35	13.63	ab	0.98	a	79.59	a
TL 80:20	12.61	abc	0.86	b	49.86	c
JL 80:20	12.65	abc	0.59	c	50.48	c
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	10.98	b	0.12	b	60.70	a
Segundo ciclo	15.06	a	1.48	a	44.77	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

La comparación de medias en pérdida de peso (Cuadro 29) indica que los sustratos a 80, 65 y 20 % de lombricomposta (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) presentaron las mayores pérdidas a los 6, 9 y 12 DDC, y fueron iguales entre sí. Por su parte, TEZ, JAL y LOM mostraron la menor pérdida de peso con valores entre 2.51-2.85 % (6 DDC), 4.28-5.37 % (9 DDC) y 6.66-7.64 % (12 DDC).

Cuadro 29. Comparación de medias para pérdida de peso de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Pérdida de peso (%)					
	6 DDC		9 DDC		12 DDC	
TEZ	2.76	bc [†]	4.29	d	6.66	c
JAL	2.51	c	4.28	d	6.73	c
LOM	2.85	bc	5.37	cd	7.64	bc
LT 80:20	3.42	abc	6.38	abc	9.14	ab
LJ 80:20	3.70	ab	6.16	abc	9.24	ab
LC 80:20	4.18	a	7.14	a	10.52	a
LT 65:35	3.65	ab	5.67	bc	8.11	ab
LJ 65:35	4.13	a	6.59	abc	9.84	ab
LC 65:35	4.12	a	6.94	a	9.52	ab
TL 80:20	4.03	a	6.88	ab	9.23	ab
JL 80:20	3.67	ab	6.66	ab	9.57	ab
Ciclo de producción (B)						
Primer ciclo	4.35	a	9.01	a	12.32	a
Segundo ciclo	2.74	b	3.05	b	5.17	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

En el periodo que se evaluó la vida en anaquel (Cuadro 30), los sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM) presentaron la mayor cantidad de días de vida en anaquel y fueron iguales entre sí con valores de 11.50. Sin embargo, los medios de crecimiento que comprendieron de lombricomposta al 80, 65 y 20 % (LT80:20, LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) manifestaron la menor vida en anaquel entre 10.00-10.25.

Cuadro 30. Comparación de medias para vida en anaquel de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor	Vida en anaquel (Días)	
Sustrato (A)		
TEZ	11.50	a [†]
JAL	11.50	a
LOM	11.50	a
LT 80:20	10.25	b
LJ 80:20	10.25	b
LC 80:20	10.25	b
LT 65:35	10.25	b
LJ 65:35	10.25	b
LC 65:35	10.00	b
TL 80:20	10.25	b
JL 80:20	10.25	b
Ciclo de producción (B)		
Primer ciclo	11.36	a
Segundo ciclo	9.77	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Los sustratos LT80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35 obtuvieron la mayor luminosidad a los 3 DDC con valores entre 50.48-52.97 (Cuadro 31). Sin embargo, a los 6, 9 y 12 DDC los medios de crecimiento LJ80:20, LC80:20, LT65:35, LJ65:35 y LC65:35 presentaron la mayor luminosidad entre 46.75-47.75 (6 DDC), 44.42-45.37 (9 DDC) y 41.03-41.92 (12 DDC). Mientras tanto, los medios de crecimiento TEZ, JAL, LOM, TL80:20 y JL80:20 registraron la menor luminosidad en las diferentes fechas evaluadas.

Cuadro 31. Comparación de medias para luminosidad de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Luminosidad							
	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC	
TEZ	46.98	cd [†]	44.85	c	42.61	de	39.40	de
JAL	45.56	d	44.95	c	43.05	de	39.79	cd
LOM	48.85	cd	44.78	c	42.54	de	39.26	e
LT 80:20	50.48	ab	46.37	b	44.05	bc	40.72	bc
LJ 80:20	50.01	bc	46.75	ab	44.42	abc	41.03	abc
LC 80:20	49.56	bc	46.99	ab	44.64	ab	41.25	ab
LT 65:35	51.13	ab	47.75	a	45.37	a	41.92	a
LJ 65:35	52.97	a	47.50	a	45.12	a	41.68	a
LC 65:35	50.72	ab	47.61	a	45.23	a	41.80	a
TL 80:20	49.45	bc	45.31	c	43.56	cd	40.24	cd
JL 80:20	49.14	bc	45.22	c	42.96	de	39.71	de
Ciclo de producción (B)								
Primer ciclo	52.86	a	47.89	a	45.65	a	41.21	a
Segundo ciclo	46.20	b	44.49	b	42.26	b	40.03	b

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Los sustratos sin mezclar (TEZ, JAL y LOM) mostraron el mayor hue a los 3, 6, 9 y 12 DDC con valores entre 123.51-125.94 (3 DDC), 118.70-121.89 (6 DDC), 116.08-118.09 (9 DDC) y 111.42-113.08 (12 DDC). Mientras que a los 3, 6, 9 y 12 DDC los medios de crecimiento con lombricomposta al 65 y 20 % (LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) obtuvieron el menor hue (Cuadro 32).

Cuadro 32. Comparación de medias para hue de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Hue								
	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC		
TEZ	123.51	ab [†]	118.70	ab	116.08	ab	111.42	ab	
JAL	124.76	ab	120.76	a	117.04	ab	112.11	ab	
LOM	125.94	a	121.89	a	118.09	a	113.08	a	
LT 80:20	122.56	b	116.62	bc	115.14	ab	110.49	bc	
LJ 80:20	119.17	c	115.76	bcd	112.48	cd	108.42	cd	
LC 80:20	117.94	cd	115.31	bcd	111.39	de	107.44	de	
LT 65:35	116.11	cde	112.80	d	105.80	g	102.65	g	
LJ 65:35	114.83	de	113.24	cd	108.08	fg	104.60	fg	
LC 65:35	114.82	de	113.06	d	108.79	ef	105.18	ef	
TL 80:20	113.93	ef	112.73	d	108.80	ef	105.22	ef	
JL 80:20	111.10	f	112.73	d	109.87	def	106.08	def	
Ciclo de producción (B)									
Primer ciclo	115.33	b	112.81	b	109.66	b	105.24	b	
Segundo ciclo	121.89	a	118.71	a	114.27	a	109.95	a	

[†] Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Los sustratos con lombricomposta al 65 y 20 % (LT65:35, LJ65:35, LC65:35, TL80:20 y JL80:20) presentaron el mayor croma en las diferentes fechas de muestreo (Cuadro 33), donde registraron valores entre 15.94-16.34 (3 DDC), 17.29-17.74 (6 DDC), 17.79-18.30 (9 DDC) y 19.16-19.75 (12 DDC). Por su parte, los sustratos TEZ, JAL y LOM presentaron el menor croma en las cuatro fechas evaluadas.

Cuadro 33. Comparación de medias para croma de la parte aérea de la planta de cilantro por efecto de los sustratos y ciclos de producción. Xalisco, Nayarit.

Factor Sustrato (A)	Croma							
	3 DDC		6 DDC		9 DDC		12 DDC	
TEZ	12.22	f†	13.05	f	13.28	e	14.11	d
JAL	12.89	ef	13.70	ef	13.88	de	14.66	d
LOM	13.25	de	14.05	de	14.22	d	15.01	d
LT 80:20	15.35	b	16.34	b	16.59	b	17.61	b
LJ 80:20	13.64	cd	14.69	cd	15.06	c	16.15	c
LC 80:20	14.16	c	15.28	c	15.73	c	16.92	bc
LT 65:35	15.97	ab	17.29	a	17.79	a	19.16	a
LJ 65:35	15.94	ab	17.33	a	17.90	a	19.34	a
LC 65:35	15.97	ab	17.37	a	17.91	a	19.33	a
TL 80:20	16.34	a	17.74	a	18.30	a	19.75	a
JL 80:20	16.01	ab	17.42	a	18.03	a	19.52	a
Ciclo de producción (B)								
Primer ciclo	17.20	a	18.62	a	19.17	a	20.60	a
Segundo ciclo	12.21	b	13.06	b	13.32	b	14.23	b

† Medias dentro de cada columna seguida por la misma literal son significativamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). TEZ: Tezontle; LOM: Lombricomposta; LT: Lombricomposta-Tezontle; LJ: Lombricomposta-Jal; LC: Lombricomposta-Cascarilla; TL: Tezontle-Lombricomposta; JL: Jal-Lombricomposta; DDT: Días después del trasplante.

Los medios de crecimiento que comprendieron de lombricomposta mostraron mejor respuesta en el contenido de fenoles totales; lo cual coincide con García *et al.* (2005) quienes encontraron en *Morus alba* L. mejor respuesta en contenido de fenoles totales con aplicación de lombricomposta en suelo en relación con solo suelo.

Por otra parte, los sustratos que comprendieron de lombricomposta al 65 % mostraron mayor contenido de flavonoides; esto guardó relación con el contenido de fenoles totales. Los flavonoides son el grupo más común de los compuestos fenólicos (Schieber *et al.*, 2001; Ochoa y Ayala, 2004).

En el caso de la actividad antioxidante, el sustrato LC65:35 presentó la mayor actividad antioxidante en la planta de cilantro, lo que atribuye al mayor contenido de fenoles totales. Acorde a lo anterior, diferentes investigaciones indican que el contenido de fenoles totales son los responsables de la actividad antioxidante de la planta de cilantro (Almeida-Melo *et al.*, 2005; Neffati *et al.*, 2011; Msaada *et al.*, 2014).

Los sustratos que estuvieron conformados de lombricomposta mostraron mayores pérdidas de peso y menor vida en anaquel; sin embargo, manifestaron mejores componentes de color. Esto último se atribuye al efecto favorable de la lombricomposta sobre la calidad del cultivo (Arancon *et al.*, 2005; Zaller, 2007). Así mismo, De la Cruz *et al.* (2009) y Matheus (2004) señalan que la lombricomposta garantiza una mejor calidad en los cultivos, como el tomate y maíz.

Por otra parte, diversos autores como Martínez-Zambrano *et al.* (2005), Díaz-Pérez *et al.* (2006) y Smith *et al.* (2006) indican que la pérdida de peso y el cambio de color son los principales factores que afectan la calidad de los cultivos, donde puede prolongar o disminuir la vida en anaquel. Al respecto, UCDAVIS (2013) señala que la vida en anaquel del cilantro es de 14 días a 5 ° C en almacén; lo anterior mostró similitud con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde las plantas de cilantro en los sustratos sin mezclar obtuvieron valores hasta 12 días de vida en anaquel almacenados a 5 ° C.

En términos generales, se sugiere emplear los sustratos que comprendan de lombricomposta para obtener mejores parámetros de calidad en el cultivo de cilantro, así también de conservar el cultivo a una temperatura de 5 ° C en almacén.

5.2.3. Efecto del factor ciclo de producción sobre las variables en poscosecha

La actividad antioxidante, pérdida de peso, vida en anaquel, luminosidad y croma fueron mayores en el primer ciclo de producción durante el periodo de evaluación (Cuadro 28, 29, 30, 31 y 33), mientras que el contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y el componente de color hue, mostraron mayores resultados en el segundo ciclo de producción (Cuadro 28 y 32).

En relación a lo anterior, Hussain *et al.* (2008) y Pacifico *et al.* (2015) señalan que la actividad antioxidante de diversos cultivos hortícolas es mayor en ciclos de producción donde la temperatura es más elevada. Chiesa (2010) indica que el estado fisiológico de los cultivos afecta la calidad de las plantas en almacenamiento. Dicho lo anterior, la intensidad de la luz y temperatura que se presentaron en el primer ciclo de producción beneficiaron el cultivo del cilantro en cuanto a mayor vida en anaquel, luminosidad y croma (Vallejo *et al.*, 2003; Niemenak *et al.*, 2006; Raffo *et al.*, 2006). Por otro lado, Routray y Orsat (2014) mencionan que el contenido de fenoles totales disminuye a mayores temperaturas ambientales; esto explica los valores más elevados de fenoles totales y flavonoides que se presentaron en el segundo ciclo de producción, ya que la vida en anaquel de las plantas de cilantro fue menor en dicho periodo.

Acorde a los resultados obtenidos en la presente investigación en términos de calidad, se sugiere llevar acabo en la estación de otoño (primer ciclo de producción) la producción del cultivo de cilantro y en la cosecha almacenar las plantas en refrigeración a 5 ° C para conservar por más tiempo las plantas de cilantro. Así mismo, el cultivo de cilantro solo fue evaluado en la estaciones de otoño e invierno, por lo que se recomienda en estudios posteriores evaluar y comparar la calidad del cultivo de cilantro en las estaciones de primavera y verano.

6. CONCLUSIONES

- Todas las variables de crecimiento presentaron mejor respuesta en los sustratos que incluyeron lombricomposta al 80 y 65 %.
- El primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 - 30 de octubre de 2013) fue el mejor, ya que en todos los sustratos se obtuvo mayor crecimiento y rendimiento en las plantas de cilantro, en comparación con el segundo ciclo (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014).
- Los sustratos que incluyeron lombricomposta con proporciones a 80 y 65 %, favorecieron el contenido nutrimental de nitrógeno, fósforo y potasio.
- El primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 – 30 de octubre de 2013) incrementó el contenido de fósforo y potasio, en comparación al segundo ciclo (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014).
- Las proporciones de lombricomposta a 80, 65 y 20 % en los sustratos, incrementaron el contenido de fenoles totales, aunque no se observó la misma respuesta para contenido de flavonoides y actividad antioxidante.
- El segundo ciclo de producción (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014), favoreció el contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides, más no la actividad antioxidante.
- El follaje de cilantro en poscosecha, obtuvo las mayores pérdidas de peso y menor vida en anaquel en los sustratos con las proporciones de lombricomposta a 80, 65 y 20 %, aunque el color del follaje fue de color verde más intenso.
- Las pérdidas de peso del follaje de cilantro fueron mayores en el primer ciclo de producción (1 de octubre de 2013 – 30 de octubre de 2013), además presentaron mejor color en comparación con el segundo ciclo (5 de febrero de 2014 - 6 de marzo de 2014).

7. LITERATURA CITADA

- Abad, M., Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Tratado de cultivos sin suelo. p. 113-158. En: Urrestarazu M. (Editor). Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Abushita, A. A., Hebshi, E. A., Daood, H. G. and Biacs, P. A. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry* 60(2): 207-212.
- Acuña, R. A., Bonachela, S., Magán, J. J., Marfa, O., Hernández, J .H. and Cáceres, R. 2013. Reuse of rockwool slabs and perlite grow bags in a low cost greenhouse: Substrates physical properties and crop production. *Scientia Horticulture* 160: 139-147.
- Adi, A. J. and Noor, Z. M. 2009. Waste recycling: utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology* 100: 1027-1030.
- Aendekerk, G. L., Cevat, H., Dolmans, N., van-Elderen, C., Kipp, J. A., de-Kreij, C., Sonneveld, C., Verhagen, J. B. G. M. y Wever, G. 2000. International substrate manual. Elsevier International, Netherlands. p. 94
- Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology*. Editorial Academic Press (3rd Edition). New York. 803 p.
- Agudo-Cabrera, A., Amiano, L., Ardanaz, P., Barricarte, E., Berenguer, A., Chirlaque, T., Dorronsoro, M. D., Jakszyn, M., Larrañaga, P., Martínez, N., Navarro, C., Quirós, C., Sánchez, J. R., Tormo, M. J. and González, M. J. 2007. Fruit and vegetable intakes, dietary antioxidant nutrients, and total mortality in Spanish adults: findings from the Spanish cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Spain). *American Journal Clinical Nutrition* 85(6): 1634-42.
- Ahumada, L. M. y Rodríguez-Páez, J. E. 2006. Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de Calcio. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 30(11): 582-594.
- Alcántar-González, G. y Sandoval-Villa, M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. p.155.

- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K. P. and Jones, D. L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology* 43: 316-319.
- Almeida-Melo, E., Filho, J. M. and Guerra, N. B. 2005. Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract (*Coriandrum sativum* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie* 38: 15-19.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16: 3-12.
- Ansari, M. A., Ahmed, S. P., Haider, S. and Ansari, N. I. 2006. *Nigella sativa*. A non-conversional herbal option for the management of seasonal allergic rhinitis. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 23: 31-35.
- Ansorena, M. J. 1994. *Sustratos. Propiedades y caracterización*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Aran, D., Maul, A. and Masfaraud, J .F. 2008. A spectrophotometric measurement of soil cation exchange capacity based on cobaltihexamine chloride absorbance. *Comptes Rendus Geoscience* 340: 865-871.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R. and Metzger, J. D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93: 139-144.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D. and Lucht, C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49: 297-306.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., Byrne, R., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P. and Metzger, J. D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology* 39: 91-99.
- Ariel, R. V., George, A. M., Gabriel, O. S. and Carlos, H. C. 2009. *Postharvest Handling: A Systems Approach*. Cap 5. Editorial Elsevier (2da Ed.). *Nutritional Quality of Fruits and Vegetables*.

- Arts, I. C. W. and Hollman, P. C. H. 2005. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *American Journal of Clinical Nutrition* 81: 317-325.
- ASERCA. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. 2015. Reporte semanal de precios al mayoreo en centrales de abastos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 18 de Enero del 2015. http://www.infoasercas.gob.mx/arroz/arz_pmca.asp
- Aslantas, R., Cakmakc, C. R. and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Science Horticulturae* 111: 371-377.
- Ávalos-García, A. y Pérez-Urria-Carril, E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal* 2(3): 119-145.
- Bachman, G. R. and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99: 3155-3161.
- Baixauli-Soria, C. y Aguilar-Olivert, J. A. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas, Aspecto prácticos y experiencias. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia, España. 110 p.
- Barros L., Dueñas, M., Días, M. I., Sousa, M. J., Santos-Buelga, C. and Ferreira, I. C. F. R. 2012. Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry* 132: 841-848.
- Baslam, M., Garmendia, I. and Goicoechea, N. 2013. The arbuscular mycorrhizal symbiosis can overcome reductions in yield and nutritional quality in greenhouse-lettuces cultivated at inappropriate growing seasons. *Scientia Horticulturae* 164: 145-154.
- Baudoin, W., Nisen, A., Grafiadellis, M., Verlodt, H., Jiménez, R., De-Villele, O., La-Malfa, G., Zabeltitz, V., Martínez, P., Garnaud, J. y Monteiro, A. 2002. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. p. 143-182. En: *Medios y Técnicas de Producción* (Editor). Suelo y Sustratos. FAO, Roma, Italia.
- Bedascarrasbure, E. y Maldonado, L. 2004. Contenido de Fenoles y Flavonoides del Propoleos Argentino. *Acta Farmacéutica Bonaerense* 23(3): 369-72.

- Beltrán-Morales, F. A., García-Hernández, J. L., Ruiz- Espinoza, F. H., Fenech-Larios, L., Murillo-Amador, B., Palacios, A. and Troyo-Diéguéz, E. 2009. Nutritional potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage Systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 487-495.
- Benito, M., Masaguer, A., De-Antonio, R. and Moliner, A. 2005. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media. *Bioresource Technology* 96: 597-603.
- Benjumea, D., Abdala, S., Hernandez-Luiz, F., Pérez-Paz, P. and Martin-Herrera, D. 2005. Diuretic activity of *Artemisia thuscula*, an endemic canary species. *Journal of Ethnopharmacology* 100: 205–209.
- Berenguer, J. J., Escobar, I. y Cuartero, J. 2003. Gastos de cultivos de tomate tipo cereza en invernadero. *Actas de Horticultura (ISHS)* 39: 47-48.
- Burdock, G. A. and Carabin, L. G. 2009. Review: Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology* 47: 22-34.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology* 94: 223-253.
- Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 5: 5-11.
- Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q. and Corke, H. 2006. Structure radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science* 78(25): 2872-2888.
- Campbell, C. L. and Madden, L. V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Editorial John Wiley and Sons. New York 532 p.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Di-Felice, V. and Radicetti, E. 2014. Long-term residual effects of the management of cover crop biomass on soil nitrogen and yield of endive (*Cichorium endivia* L.) and savoy cabbage (*Brassica oleracea* var. *sabauda*). *Soil and Tillage Research* 139: 1-7.
- Carmona, E., Moreno, M. T., Avilés, M. and Ordovás, J. 2012. Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings. *Scientia Horticulturae* 137: 69-74.

- Carrillo-Becerra, K., Colmenares, A., Ramírez-Caicedo, L., Moreno-Rozo, L. y Cárdenas-Caro, D. 2015. Inoculación de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) con Rizobacterias en Villa del Rosario, Norte de Santander. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 68(1): 7459-7470.
- Castilla, N. and Hernández, J. 2005. The plastic greenhouse industry of Spain. *Chronica Horticulturae* 45(3): 15-20.
- Cantwell, M. I. and Reid, M. S. 1993. Postharvest physiology and handling of fresh culinary herbs. *Journal Herbs Spices Medicine Plants* 1: 93-127.
- Cantwell, M. I. y Reid, M.S. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: hierbas frescas. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Editorial A. Kader. Series de Horticultura Poscosecha No. 24. University of California, Davis, USA. p. 367-372.
- Céspedes, A. J., García, M. C., Pérez, J. J. y Cuadrado, I. M. 2009. Caracterización de la explotación hortícola protegida almeriense. FIAPA y Fundación Cajamar, España. p. 178.
- Chang, R. 2006. Principios Esenciales de Química General. Editorial McGraw-Hill (4ta Ed.). Madrid, España.
- Chaudhry, N. M. A. and Tariq, P. 2006. Bactericidal activity of black pepper, bay leaf, aniseed and coriander against oral isolates. *Pakistan Journal of Pharmacology and Science* 19(3): 214-218.
- Chávez, C. y Arreygue, E. 2011. Caracterización Mecánica de la Escoria Volcánica (Tezontle), de la Zona de Morelia, Michoacán, México. Pan-Am CGS, Geotechnical Conference, México.
- Chiesa, A. 2010. Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina* 29: 28-32.
- Chizzola, R., Michitsch, H. and Franz, C. 2008. Antioxidative properties of *Thymus vulgaris* leaves: Comparison of different extracts and essential oil chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 6897-6904.
- Coskuner, Y. and Karababa, E. 2007. Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering* 80: 408-416.

- De-la-Cruz, L., Estrada., M., Robledo., V., Osorio., R., Márquez, C. y Sánchez., R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25: 59-67.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A. y Juárez-López, P. 2012a. Sustratos en la horticultura. *Bíociencias* 2(2): 17-26.
- Cruz-Crespo, E., Sandoval-Villa, M., Volke-Haller, V. H., Can-Chulim, A. y Sánchez-Escudero, J. 2012b. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1361-1373.
- Cruz-Crespo, E., Sandoval-Villa, M., Volke-Haller, V. H., Ordaz-Chaparro, V., Tirado-Torres, J. L. y Sánchez-Escudero, J. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoamericana* 28: 219-229.
- De-Souza, E. I., Stamford, T. L. M., Lima, E. O., Trajano, V. N. and Fillo, J. M. B. 2005. Antibacterial effectiveness of spices an approach for use in food conversion system. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 1516-8913.
- Delgado-Olivares, L., Betanzos-Cabrera, G. y Sumaya-Martínez, M. T. 2010. Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia* 50: 10-15.
- Deng, Na., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, S., Peng, S., Cuia, K., Niew, L. and Huang, J. 2015. Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy* 64: 37-46.
- Dhima, K. V., Vasilakoglou, I. B., Gatsis, T. D., Panou-Philotheou, E. and Eleftherohorinos, I. G. 2009. Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. *Field Crops Research* 110: 235-241.
- Díaz-Pérez, J. C., Muy-Rangel, M. D. and Mascorro, A. G. 2006. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 68-73.
- Dominguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. p. 401-424. In: Edwards C. A (Editor). *Editorial Earthworm Ecology* (2nd Ed.), Florida, USA.

- Dominguez, J. and Edwards, C. A. 2004. Vermicomposting organic wastes: a review. p. 369-395. In: Shakir Hanna S. H. and Mikhail W. Z. A. (Editors.). Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century. Self-Publisher, Cairo, Egypt.
- Doria-Herrera, G. M., Hormaza-Anaguano, A. y Gallego-Suarez, D. 2011. Cascarrilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo (VI). *Gestión y Ambiente* 14(1): 73-83.
- Durán, L. y Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2): 275-281.
- Echavarría, B. Z., Franco, A. S. y Martínez, M. A. 2009. Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del caribe colombiano. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 16(1): 126-131.
- Emamghoreishi, M., Khasaki, M. and Aazam, M. F. 2005. Coriandrum sativum: Evaluation of its anxiolytic effect in the elevated plus-maze. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 365-370.
- Epstein, E. 1997. *The Science of Composting*. 483 p. Technomic Publishing, Pennsylvania, US.
- Everhart, E., Haynes, C. y Jauron, R. 2003. Cilantro. Guía de horticultura de iowa state university. Iowa state university of science and technology, USA. 3 p.
- Fadel, O., El-Kirat, K. and Morandat, S. 2011. The natural antioxidant rosmarinic acid spontaneously penetrates membranes to inhibit lipid peroxidation in situ. *Biochimica et Biophysica Acta* 1808: 2973-2980.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 1999. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 15 de Febrero de 2015. <http://www.fao.org/docrep/005/y1579s/y1579s03.htm>
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2003a. Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Estudio FAO alimentación y nutrición 76. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 15 de Febrero de 2015. <http://www.fao.org/docrep/006/y8705s/y8705s00.htm>

- FAO. Food and Agriculture Organization. 2003a. Guía de Buenas Prácticas de Higiene Agrícolas y de Manufactura para la producción primaria (cultivo-cosecha), acondicionamiento, empaque, almacenamiento y transporte de frutas frescas. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 25 de Febrero de 2015. <http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s0b.htm>
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2008. Buenas prácticas agrícolas. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 25 de Febrero de 2015. http://www.fao.org/prods/gap/index_es.htm
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2013. Food and agriculture organization of the United Nations. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 11 de Mayo de 2013. <http://www.fao.org/docrep/005/Y4137S/y4137s03.htm>
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2014. Garantía de calidad y certificación de los alimentos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 29 de septiembre de 2014. <http://www.fao.org/ag/ags/desarrollo-agroempresarial/garantia-de-calidad-y-certificacion-de-los-alimentos/es/>
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2015. El Año Internacional de los Suelos 2015 es un llamado para cuidar y preservar la superficie terrestre. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado el 19 de Enero de 2015. <http://coin.fao.org/cms/world/mexico/Paginalnicial.html>
- Favaro, J. C., Buyatti, M. A. y Acosta, M. R. 2002. Evaluación de sustratos a base de serrín de Salicáceas (*Salix sp.*) compostados para la producción de plantones. Investigación agraria: Producción y Protección Vegetal 17(3): 367-373.
- Félix-Herrán, J. A., Serrato-Flores, R., Armenta-Bojorquez, A. D., Rodríguez-Quiroz, G., Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H. S. y Olalde-Portugal, V. 2010. Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. Ra Ximhai 6(1): 105-113.
- Fernández-Bravo, C., Urdanet, N. y Silva, W. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Cv. Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. Revista Facultad de Agronomía 23: 188-196.

- Fonteno, W. C. 1993. Problems and considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Substrates in Horticulture*. Acta Horticulture 342: 197-204.
- Fonteno, W. 1994. Growing Media. p. 127-138. In: Holcomb E. (editor). *Bedding Plants VI. A Manual on the Culture of Bedding Plants as a Greenhouse Crop*. Ball Publishing. Batavia, USA.
- Fonteno, W., Harden, C. and Brewster, J. 2003. Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer. Horticultural substrates laboratory. Department of Horticultural Science, North Carolina State University, USA.
- Foth, H. D. and Ellis, B. G. 1997. *Soil Fertility*. 290 p. Editorial Chemical Rubber Company (2nd Ed.), Florida, USA.
- García-Alonso, M., De-Palcual, T. S., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J. C. 2004. Evaluation of the antioxidant properties of fruit. *Food Chemistry* 84: 13-18.
- García, D. E., Medina, M. G. y Ojeda, F. 2005. Efecto de la fertilización orgánica, la variedad y la época en el perfil polifenólico de *Morus alba* (L.). *Avances en Investigación Agropecuaria* 9: 69-85.
- García, J., González, M., Cáceres, J. and Notario, J. 1992. Zeolites. 12: 664-668.
- García, O. C., Alcántar, G. G., Cabrera, R. I., Gavi, F. R. y Volke, V. H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19: 249-258.
- Garret, S. D. 1981. *Soil Fungi and Soil Fertility. An Introduction to Soil Mycology*. Editorial Pergamon Press (2nd Edition). Oxford 150 p.
- González, F. M., Hernández, A., Casanova, A., Depestre, T., Gómez, L. y Rodríguez, M. G. 2008. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. *Revista Protección Vegetal* 23(2): 69-74.
- González-Palomares, S., Estarrón, E. M., Gómez, L. J. F. and Andrade, G. I. 2009. Effect of the Temperature on the Spray Drying of Roselle Extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal Plant Foods for Human Nutrition* 64(1): 62-67.
- González-Palomares, S., Rivera-Cambero, L. H. y Rosales-Reyes, T. 2010. Análisis de compuestos volátiles en cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Universitaria* 20(1): 19-24.

- Guereña, M. 2006. Nematodes: Alternative controls. National Sustainable Agriculture Service. Washington D. C., USA.
- Gutiérrez, R. 1998. La cascarilla de arroz como fuente energética. p. 4-9. Centro de documentación. Instituto Colombiano de productores de Cemento, Colombia.
- Guo, W., Kong, E. and Meydani, M. 2009. Dietary polyphenols, inflammation, and cancer. *Nutrition and Cancer* 61: 807-810.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Moguel-Zambudio, B., Abud-Archila, M., Gutiérrez-Oliva, V. F. and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology* 99: 7020-7026.
- Hamodi, S. S., Al-Mashhadani, E. H., Al-Jaff, F. K. and Al-Mashhadani, H. E. 2010. Effect of coriander seed (*Coriandrum sativum*) as diet ingredient on broilers performance under high ambient temperature. *International Journal of Poultry Science* 9(10): 966-971.
- Hanson, J. B. 2003. Counting on coir. *Greenhouse Product News* 13: 48-54.
- Hashim, M. S. and Lincy, S. 2005. Effect Of Polyphenolic Compounds From *Coriandrum sativum* On H₂O₂-Induced Oxidative Stress In Human Lymphocytes. *Food Chemistry* 92: 653-60.
- Hawkins, T. S., Gardiner, E. S. and Comer, G. S. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *Journal for Nature Conservation* 17: 125-129.
- Hernández-Dávila, J., Zavala-García, F., Valdés-Lozano, C. G. S., Salinas-García, G., Cárdenas-Cerda, E., Montes-Cavazos, F. y Gámez-González, H. 2004. Retraso de la floración en cilantro (*Coriandrum sativum* L.) con sustancias reguladoras del crecimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(1): 51-56.
- Hernández, J., Mármol, L., Guerrero, F., Salas, E., Bárcenas, J., Polo, V. y Colmenares, C. 2010. Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Revista de la Facultad de Agronomía* 27: 491-520.
- Hernández, J. A., Guerrero, F., Mármol, L. E., Bárcenas, J. M. y Salas, E. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de

- estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia* 33(9): 668-671.
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C. y Arras-Vota, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua* 4(1): 1-6.
- Hidalgo-Loggiodice, P. R., Sindoni-Vielma, M. y Marín, C. 2009. Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en vivero. *UDO Agrícola* 9: 126-135.
- Holladay, J., Hu, J., King, D. L. and Wang, Y. 2009. An overview of hydrogen production technologies, *Catalysis. Today* 139: 244-260.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Hussain-Sherazi, S. T. and Przybylski, R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry* 108: 986-995.
- IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2007. Guía práctica para la exportación de cilantro a los Estados Unidos. 11 p.
- Incrocci, A. P., campioti, C. A., Balducchi, R. and Giunchi, L. 2003. Energy, water and fertilizer requirement of a closed loop soilless culture of greenhouse cherry tomato in Sicily. *Acta de Horticultura (ISHS)* 614: 189-192.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Irigaray, P., Newby, J. A. and Clapp, R. 2007. Lifestyle related factors and environmental agents causing cancer: an overview. *Biomedicine Pharmacother* 61(10): 640-658.
- Iturri, L. A. and Buschiazzo, D. E. 2014. Cation exchange capacity and mineralogy of loess soils with different amounts of volcanic ashes. *Catena* 121: 81-87.
- Jasso-Chaverría, C., Martínez-Gamiño, M. A., Alpuche-Solís, A. G. y Garza-Urbina, E. 2009. Evaluación de sustratos e híbridos de jitomate en condiciones de invernadero. Folleto científico no. 4. Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, México.
- Jayasinghea, G. Y., Tokashiki, Y., Liyana-Arachchi, I. D. and Arakacic, M. 2010. Sewage sludge sugarcane trash based compost and synthetic aggregates as peat substitutes in containerized media for crop production. *Journal of Hazardous Materials* 174: 700-706.

- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez-López, P. y Cruz-Crespo, E. 2013. Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. *Biociencias* 2(3): 119-129.
- Juárez-Rosete, C. R., Craker, L. E., Rodríguez-Mendoza, M. N. y Aguilar-Castillo, J. A. 2011. Humic substances and moisture in the production of biomass and bioactive constituents of *Thymus vulgaris* L. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(3): 183-188.
- Jouquet, E. P., Bloquel, E., Doan-Thu, T., Ricoy, M., Orange, D., Rumpel, C. and Tran-Duc, T. 2011. Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils?. *Compost Science and Utilization* 19: 15-24.
- Kannappan, R., Gupta, S. C., Kim, J. H., Reuter, S. and Aggarwal, B. B. 2011. Neuroprotection by spice-derived nutraceuticals: You are what you eat!. *Molecular Neurobiology* 44: 142-159.
- Kirk, P. J. 1999. Método de Kjeldahl para nitrógeno total. *Analytical Chemistry*. 22: 354-358.
- Kotsis, I. and Balogh, A. 1989. Synthesis of Wollastonite. *Ceramics International* 15: 79-85.
- Kumar, N. and Pruthi, V. 2014. Potential applications of ferulic acid from natural sources. *Biotechnology Reports* 4: 86-93.
- Landis, T. D. 2000. Contenedores y medios de crecimiento. En: *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor* (Editor). Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USA. p. 41-92.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P. and Saura-Calixto, F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 1390-1393.
- Larson, R. 1997. Naturally occurring antioxidants. 116 p. Editorial Chemical Rubber Company, Florida, USA.
- Loaiza, J. and Cantwell, M. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *HortScience* 32: 104-107.
- Loera-Rosales, L. J. 2014. Crecimiento, biomasa y curvas de extracción nutrimental de cilantro (*Coriandrum sativum*) 'Pakistan' en invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit.
- Lin, F. F., Qiu, L. F., Deng, J. S., Shi, Y. Y., Chen, L. S. and Wang, K. 2010. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. *Computers and Electronics in Agriculture* 71: 60-65.

- Lopes-Olivares, F., Oliveira-Aguiar, N., Castro-Carriello-Rosa, R. and Canellas, L. P. 2015. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Scientia Horticulturae* 183: 100-108.
- Ludwig, B., Khanna, P. K., Anurugsa, B. and Folster, H. 2001. Assessment of cation and anion Exchange and pH buffering in an Amazonian Ultisol. *Geoderma* 102: 27-40.
- Mandal, K. G., Misra, A. K., Hati, K. M., Bandyopadhyay, K. K., Ghosh, P. K. and Mohanty, M. 2004. Rice residue-management options and effects on soil properties and crop productivity. *Food, Agriculture and Environment* 2(1): 224-231.
- Manh, V. H. and Wang, C. H. 2014. Vermicompost as an Important Component in Substrate: Effects on Seedling Quality and Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBEE Procedia* 8: 32-40.
- Marín-Pimentel, G. E. 2010. Determinación de los requerimientos hídricos del cilantro (*Coriandrum Sativum*), variedad UNAPAL precoz y su relación con el desarrollo del cultivo, la producción y la calidad, comparando un periodo seco y húmedo de siembra del cultivo en el año. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y. I., Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 12(2): 183-188.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P. y Rodríguez-Dimas, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica en México* 34: 69-74.
- Martínez, K. y Galotti, L. 2001. Las especies de *Eryngium* Sect Foetida (Apiaceae) en la Argentina. *Darwiniana* 39(1 y 2): 155-169.
- Martínez-Zambrano, G., Dorantes-González, J. R. A., Ramírez-Meraz, M., Rosa-Loera, A. y Pozo-Campodónico, O. 2005. Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 327-332.
- Matheus, J. E. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 16(3): 219-224.

- Mattila, P., Hellstrom, J. and Torronen, R. 2006. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7193-7199.
- Marulanda, J. S., Trujillo, N., Escobar, S. y Cortés, A. C. 2014. Uso de filtros naturales para reducir el contenido de alquitrán en el humo del cigarrillo. *Revista Investigaciones Aplicadas* 8(1): 14-20.
- Mendoza-Hernández, D., Fornes, F. and Belda, R. M. 2014. Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Scientia Horticulturae* 178: 192-202.
- Mesa-Vanegas, A. M., Gaviriá, C. A. y Cardona, F. 2010. Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 15(2) 13-26.
- Messinger, J. and Lauerer, M. 2015. *Solanum quitoense*, a new greenhouse crop for Central Europe: Flowering and fruiting respond to photoperiod. *Scientia Horticulturae* 183: 23-30.
- Montaño-Mata, N. J., Simosa-Mallé, J. A. y Perdomo-Gallardo, A. J. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. *UDO Agrícola* 9(4): 807-815.
- Morales-Corts, M. R., Gómez-Sánchez, M. A. and Pérez-Sánchez, R. 2014. Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slungum compost and their mixes as growing media for horticultural production. *Scientia Horticulturae* 172: 155-160.
- Morales-García, Y. E., Duque, E., Rodríguez-Andrade, O., de-la-Torre, J., Martínez-Contreras, R. D., Pérez-Terrón, R. y Muñoz-Rojas, J. 2010. Bacterias Preservadas, una Fuente Importante de Recursos Biotecnológicos. *BioTecnología*: 14(2): 11-29-
- Morales-Payán, J. P. and Stall, W. M. 2004. Effect of selected grown stimulators on the yield of cilantro. *HortScience* 39:859.
- Morales-Payán, J. P. 2011. Herbs and leaf crops: Cilantro, broadleaf cilantro and vegetable amaranth. *Encyclopedia of life support systems: soil, plant growth and production*. United Nations Education, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Oxford, United Kingdom.

- Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M. B., Chahed, T., Kchouk, M. E. and Marzouk, B. 2007. Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chemistry* 102(4): 1131-1134.
- Msaada, K., Jemia, M. B., Salem, N., Bachrouch, O., Sriti, J., Tammar, S., Bettaieb, I., Jabri, I., Kefi, S., Limam, F. and Marzouk, B. 2014. Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit varieties. *Arabian Journal of Chemistry*: 1-8.
- Muñoz-Jáuregui, A. M., Ramos-Escudero, D. F., Alvarado-Ortiz-Ureta, C. y Castañeda-Castañeda, B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 73(3): 142-149.
- Nagavallemmam, K., Wani, S., Lacroix, S., Padmaja, V., Vineela, C., Babu-Rao, M. and Sahrawat, K. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. 20 p. Editorial International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India.
- Naczki, M. and Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and análisis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41: 1523-1542.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. and Dass, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource. Technology* 71: 5-12.
- Neffati, M., Sriti, J., Hamdaoui, G., Kchouk, M. E. and Marzouk, B. 2011. Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. *Food Chemistry* 124: 221-225.
- Nelson, P. V. 1999. Greenhouse operation and management. Editorial Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA
- Niemenak, N., Rohsius, C., Elwers, S., Ndoumoua, D. O. and Liebereib, R. 2006. Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in terms of their phenolics and anthocyanins contents. *Journal Food Composition Analysis* 19(6-7): 612-619.
- NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)-especificaciones y métodos de prueba. Consultado el 14 de

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5044562&fecha=10/06/2008

- Nourhene, B., Bahloul, N., Slimen, I. B. and Kechaou, N. 2009. Comparison on the total phenol contents and the color of fresh and infrared dried olive leaves. *Industrial Crops and Products* 29: 412-419.
- Ochoa, C. y Ayala, A. 2004. Los flavonoides: apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos. *Ingeniería y Competitividad: Revista de Divulgación del Desarrollo Científico y Tecnológico* 6(2): 93-104.
- Ochoa-Velasco, C. E. y Guerrero-Beltrán, J. Á. 2013. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de calidad de tuna blanca villanueva (*Opuntia albicarpa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 14(2): 149-161.
- Ojodeagua-Arredondo, J. L., Castellanos-Ramos, J. Z., Ramos-Muñoz, J. J., Alcantar-González, G., Tijerina-Chávez, L., Tapia-Vargas, P. y Enríquez-Reyes, S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(4): 367-374.
- Opdyke, D. L. J. 1973. Monographs on fragrance raw materials. Coriander oil. *Food and Cosmetic Toxicology* 11: 1077.
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R. y Ocampo-Mendoza, J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL). *Ra Ximhai* 6: 365-372.
- Pacifico, S., Galasso, S., Piccolella, S., Kretschmer, N., Pan, S. P., Marciano, S., Bauer, R. and Monaco, P. 2015. Seasonal variation in phenolic composition and antioxidant and anti-inflammatory activities of *Calamintha nepeta* (L.) Savi. *Food Research International* 69: 121-132.
- Periódico Oficial. 2008. Programa de conservación y manejo de área natural protegida reserva de la biosfera estatal "Sierra de San Juan". Órgano del gobierno del Estado de Nayarit. Número 111. 150 p.
- Pramanik, P., Ghosh, G. K. and Banik, P. 2009. Effect of microbial inoculation during vermicomposting of different organic substrates on microbial status and quantification and documentation of acid phosphatase. *Waste Management* 29: 574-578.

- Prasad, M. and Chualáin, D. N. 2004. Relationship between particle size and air space of growing media. *Acta Horticulturae* 648: 161-166.
- Quintero, M. F., Ortega, D., Valenzuela, J. L. and Guzmán, M. 2013. Variation of hydro-physical properties of burnt rice husk used for Carnation crops: Improvement of fertigation criteria. *Scientia Horticulturae* 154: 82-87.
- Raffo, A., La-Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. and Quaglia, G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. *Naomi* F1). *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 11-19.
- Rivera-Cruz, M. C., Trujillo-Narcía, A. y Alejo-Pereyra, D. E. 2010. Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *Interciencia* 35: 113-119.
- Roca-Marugán, M. y Pelechá, V. Y. 2013. Biomonitorización Humana de contaminantes ambientales. *Nemus* 3: 59-69.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., González, G. A., Aguilar-Santelises, A., Etchevers-Barra, J. D. y Santizó-Rincón, J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16(2): 135-141.
- Rodríguez-Morales, L. 2011. La práctica constructiva en la ciudad de México. El caso del tezontle, siglos XVIII-XIX. *Boletín de monumentos históricos. Tercera época* 22.
- Routray, W. and Orsat, V. 2014. Variation of phenolic profile and antioxidant activity of North American highbush blueberry leaves with variation of time of harvest and cultivar. *Industrial Crops and Products* 62: 147-155.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2014. Comisión intersecretarial para el desarrollo rural sustentable, programa especial concurrente para el desarrollo rural sustentable 2014-2018. Consultado el 15 de Febrero de 2015. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343246&fecha=02/05/2014
- Saidi, D. 2012. Importance and role of cation exchange capacity on the physical properties of the cheliff saline soils (Algeria). *Procedia Engineering* 33: 435-449.
- Samperio, A., Prieto, M. H., Blanco-Cipollone, F., Vivas, A. and Moñino, M. J. 2015. Effects of post-harvest deficit irrigation in 'Red Beaut' Japanese plum: Tree water status, vegetative growth, fruit yield, quality and economic return. *Agricultural Water Management* 150: 92-102.

- Sánchez-Verdugo, C. y Lucero-Flores, J. M. 2012. Nichos de mercado de especies aromáticas orgánicas tipo gourmet. 72 p. Editorial Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, S. C., La Paz, Baja California Sur, México.
- Statistical Analysis Systems. 2009. SAS, User's guide: Statistics. 584 p.
- Scherer, R. and Teixeira, H. 2009. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry* 112: 654-658.
- Schieber, A., Stintzing, F. C. and Carle, R. 2001. Byproducts of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends in Food Science and Technology* 12: 401-413.
- Seeram, N. P., Adams, L. S., Zhang, Y., Lee, R., Sand, D., Scheuller, H. S. and Heberg, D. 2006. Raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells *in vitro*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 9329-9339.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015a. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 19 de Febrero del 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015b. Cierre de la producción agrícola por estado. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 19 de Febrero del 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Silos-Calzada, M. A. y Martínez-Ríos, A. 2003. Evaluación de 14 variedades de cilantro *Coriandrum sativum* L. bajo las condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera. *Agrofaz* 3(2): 343-346.
- Singh, M. 2011. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in a semi-arid tropical climate. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 20(1): 30-3.
- Singh, R., Gupta, R. K., Patil, R. T., Sharma, R. R., Asrey, R., Kumar, A. and Jangra, K. K. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 124: 34-39.

- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. and Patil, R. T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99: 8507-8511.
- Small, E. 1997. Coriander. Culinary herbs. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
- Smith, D. L., Stommel, J. R., Funga, R. W.M., Wang, C. Y. and Whitaker, B. D. 2006. Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 42: 243-247.
- Socha, R., Sharma, S. and Ramesh, S. 2009. Herbage, oil yield and oil quality of patchouli (*pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) influenced by irrigation, organic mulch and nitrogen application in semiarid tropical climate. *Industrial Crops and Products* 16:101-107.
- Srinivasan, M., Sudheer, A. R. and Menon, V. P. 2007. Ferulic acid: therapeutic potential through its antioxidant property. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition* 40:92-100.
- Stevenson, F. J. 1986. Cycles of Soil. John Wiley. USA. 380 p.
- Strojny, Z. and Nowak, J. S. 2001. Effect of different growing media on the growth of some bedding plants. *Acta Horticulturae* 644: 157-162.
- Taylor, H. F. 1978. La química de los cementos. Vol. I. Editorial Urmo, España.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. and Laubscher, C. 2010. Review: Potencial of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* 5(13): 1964-1973.
- Trejo-Téllez, L. I., Ramírez-Martínez, M., Gómez-Merino, F. C., García-Albarado, J. C., Baca-Castillo, G. A. y Tejeda-Sartorius, O. 2013. Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 863-876.
- Urrestarazu, M., Salas, M. C., Padilla, M. I., Moreno, J., Elorrieta, M. A. and Carrasco, G. A. 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soil-less cropping. *Acta Horticulturae* 549: 147-152.

- UCDAVIS. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, USA. 2013. Hierbas: (Hierbas frescas culinarias): Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Consultado el 1 de Febrero de 2015. http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Hierbas__Hierbas_frescas_culinarias/
- Vallejo, F., Tomás-Baeberán, F. A. and García-Viguera, C. 2003. Effect of climatic and Sulphur fertilization conditions, on phenolic compounds and vitamin C, in the inflorescences of eight broccoli cultivars. *European Food Research Technology* 216(5): 395-401.
- Vargas-Tapia, P., Castellanos-Ramos, J. Z., Muñoz-Ramos, J. J., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., López-Romero, R. M., Martínez-Sánchez C. y Ojodeagua-Arredondo, J. L. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34(3): 323-331.
- Vejdani, R., Shalmani, H. R., Mir-Fattahi, M., Sajed-Nia, F., Abdollahi, M. and Zali, M. R. 2006. The efficacy of an herbal medicine, carmint, on the relief of abdominal pain and bloating in patients with irritable bowel syndrome: A pilot study. *Digestive Disease Science* 51(8): 1501-1507.
- Verhagen, J. B. G. M. 2009. Stability of growing media from a physical, chemical and biological perspective. *Acta Horticulturae*: 135-142.
- Wangensteen, H., Berit-Samuelsen, A. and Egil-Malterud, K. 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chemistry* 88: 293-297.
- Wolff, M. S., Teitelbaum, S. L., Windham, G., Pinney, S. M., Britton, J. A. and Chelimo, C. 2007. Pilot. Study of urinary biomarkers of phytoestrogens, phthalates and phenols in girls. *Environmental Health Perspectives* 115: 116-121.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 112: 191-199.
- Zekovic, Z., Vidovic, S., Vladic, J., Radosavljevic, R., Cvejic, A., Elgndi, M. A. and Pavlica, B. 2014. Optimization of subcritical water extraction of antioxidants from *Coriandrum sativum* seeds by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids* 95: 560-566.