



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

MODELO DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ASOCIADOS,
BAJO LA INFLUENCIA DE LAS FASES LUNARES,
UTILIZANDO CAMAS BIOINTENSIVAS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

EDITH ROMERO GONZÁLEZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MARÍA SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNIDAD DE INVESTIGACION EN ECOLOGIA VEGETAL



MÉXICO D.F.

ABRIL, 2013

FES
ZARAGOZA

Investigación Realizada con el Financiamiento de la DGAPA (Proyecto PAPIME PE 20211)



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

MIS AGRADECIMIENTOS

Primeramente a dios, por guiar con claridad y certeza, cada uno de los pasos en mi vida, que me han llevado a cumplir cada uno de mis propósitos y metas. También por haber puesto en mi camino a cada de mis seres queridos que han sido mi soporte y fortaleza durante estos 26 años de mi vida.

A mis padres por su confianza incondicional y brindarme todo el apoyo necesario para poder concluir mis estudios de licenciatura.

A mis hermanos por su ejemplo de vida y consejos.

A mi directora de tesis la Dra. María Socorro Orozco Almanza por su apoyo y confianza para la realización de este trabajo de tesis y por estar conmigo en esos momentos difíciles.

A mis sinodales Dr. Arcadio Monroy Ata, Dr. Gerardo cruz Flores y a el M. en C. Faustino López Barrera, por sus observaciones y recomendaciones para la mejora de este trabajo de tesis.

A mis amigos y compañeros por sus consejos y apoyo incondicional.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
2.1. <i>Fases lunares en las actividades agrícolas</i>	2
2.1.1. <i>Influencia de la luminosidad lunar en las plantas</i>	4
2.1.2. <i>Estudios previos</i>	5
2.2. <i>Características de las especies a asociar</i>	6
2.3. <i>Planteamiento del problema</i>	8
2.4. <i>Justificación</i>	9
3. Hipótesis	10
4. Objetivos	10
4.1. <i>Objetivo general</i>	10
4.2. <i>Objetivos particulares</i>	11
5. Materiales y Método	11
5.1. <i>Preparación de las camas biointensivas</i>	13
5.2. <i>Análisis físico y nutrimental del suelo</i>	14
5.3. <i>Obtención del germoplasma</i>	15
5.4. <i>Siembra de las especies hortícolas</i>	15
5.5. <i>Siembra directa</i>	16
5.6. <i>Variables de respuesta</i>	17
5.6.1 <i>Antes de la cosecha</i>	17
5.6.2 <i>Al momento de la cosecha</i>	18
5.6.3 <i>Después de la cosecha</i>	18
5.6.4 <i>Tasa de crecimiento relativo</i>	19
5.6.5 <i>Índice de calidad de Dickson</i>	19
5.6.6 <i>Rendimiento/m²</i>	19
5.6.7 <i>Índice de cosecha</i>	19
5.6.8 <i>Análisis de rentabilidad</i>	20

5.7. Análisis estadístico	20
6. Resultados y Discusión	21
6.1. Composición físico-química del suelo utilizado.....	21
6.2. Tiempo de cosecha	22
6.3. Atributos del crecimiento	24
6.3.1. Hortalizas de hoja.....	24
6.3.2 Hortaliza de raíz	31
6.3.3 Hortaliza de fruto	34
6.4. Atributos de la calidad de la planta para las cuatro especies en relación a las fases lunares de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.	36
6.4.1 Tasa de Crecimiento Relativo.....	36
6.4.2 Contenido de clorofila	38
6.4.3 Índice de calidad de Dickson	39
6.5. Variables de rendimiento para las cuatro especies en la fase de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.	40
6.5.1 Rendimiento.....	40
6.5.2 Índice de cosecha	42
6.5.3 Análisis de rentabilidad: índice beneficio/costo.....	44
6.6. Atributos del crecimiento	45
6.6.1 Hortaliza de fruto	45
6.6.2 Hortaliza de raíz	47
6.6.3 Hortaliza de hoja.....	49
6.6.4 Hortaliza de bulbo	52
6.7. Atributos de la calidad de la planta para las cuatro especies de la asociación 2, en las dos fases lunares.	52
6.7.1 Tasa de crecimiento relativo	53
6.7.2 Contenido de clorofila	55
6.7.3 Índice de calidad de planta	56
6.8. Variables de rendimiento para las cuatro especies en la fase de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.	56
6.8.1 Rendimiento.....	56

6.8.2 <i>Índice de cosecha</i>	58
6.8.3 <i>Análisis de rentabilidad</i>	59
6.8.4 Comparación general de los resultados obtenidos	59
7. Conclusiones	62
8. Recomendaciones	63
9. Referencias	64
Apéndice I	69

Índice de cuadros

Cuadro 1. Efectos de las fases lunares en las actividades agrícolas	3
Cuadro 2. Requerimientos agroecológicos de las especies estudiadas.....	7
Cuadro 3. Características de complementariedad.....	7
Cuadro 4. Fecha de las siembras, en las diferentes fases lunares.	15
Cuadro 5. Distanciamiento entre plantas y densidad de siembra para cada especie hortícola	17
Cuadro 6. Parámetros físicos y químicos del suelo en las camas de cultivo. ...	22
Cuadro 7. Tiempos de siembra y cosecha de las dos asociaciones en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	23
Cuadro 8. Peso fresco y seco de la acelga en la fase de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente	25
Cuadro 9. Peso fresco y seco de las plantas de lechuga sembradas en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	31
Cuadro 10. Longitud, diámetro y peso de raíz del rábano, para las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	34
Cuadro 11. Atributos de desarrollo del chile jalapeño sembrados en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	36
Cuadro 12. Tasa de crecimiento relativo para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	38
Cuadro 13. Clorofila para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	39
Cuadro 14. Índice de calidad de Dickson para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	40
Cuadro 15. Rendimiento kg/m ² para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	42
Cuadro 16. Cosecha para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	43
Cuadro 17. Cosecha para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	45

Cuadro 18. Número de legumbres y peso de los granos de frijol sembrados en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	47
Cuadro 19. Atributos de desarrollo de la zanahoria sembrada en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	49
Cuadro 20. Peso fresco y seco del follaje de la zanahoria sembrada en la fase de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	49
Cuadro 21. Peso fresco y seco del cilantro sembrado en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.	52
Cuadro 22. Tasa de crecimiento relativo para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	55
Cuadro 23. Clorofila para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	56
Cuadro 24. Índice de calidad de Dickson para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	56
Cuadro 25. Rendimiento Kg/m ² , para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	57
Cuadro 26. Índice de cosecha, para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	58
Cuadro 27. Análisis de rentabilidad para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.	59
Cuadro 28. Cuadro resumen de los tributos de crecimiento de las dos asociaciones, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente	61

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de la metodología empleada.	12
Figura 2. Incorporación de materia orgánica a las camas de cultivo	13
Figura 3. Excavación de la primera zanja de 30 x 30 cm.	14
Figura 4. Excavación de la segunda zanja de 30 x 30 cm.	14
Figura 5. Triángulos de madera para realizar la siembra a tresbolillo.	16
Figura 6. Plantación a tresbolillo.....	17
Figura 7. Medición de clorofila.	18
Figura 8. Altura de la acelga desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	24
Figura 9. Altura de la lechuga desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	28
Figura 10. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de lechuga en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	28
Figura 11. Intensidad lumínica en las cuatro fases lunares.	29
Figura 12. Número de hojas de lechuga desde su siembra hasta se cosecha en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante	30
Figura 13. Alturas del rábano desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	32
Figura 14. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del rábano en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	33
Figura 15. Altura del chile jalapeño desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	34
Figura 16. Tasa de crecimiento relativo de la lechuga en las fases de de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante	37
Figura 17. Tasa de crecimiento relativo del rábano en las fases de de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante	38
Figura 18. Porcentaje de índice de cosecha, para las cuatro especies, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	42

Figura 19. Altura del frijol desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	46
Figura 20. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del frijol en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	47
Figura 21. Altura del follaje de zanahoria desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	48
Figura 22. Altura del cilantro desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	50
Figura 23. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del cilantro en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.....	51
Figura 24. Porcentaje de supervivencia de las plantas de ajo sembrados en las fases Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	52
Figura 25. Tasa de crecimiento relativo de zanahoria en las fases de de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	53
Figura 26. Tasa de crecimiento relativo de cilantro en las fases de de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.....	54

Resumen

Se determinó la relación de las fases lunares Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC) con el desarrollo y rendimiento de dos asociaciones hortícolas: 1) acelga-chile jalapeño-rábano-lechuga y 2) frijol- zanahoria-cilantro-ajo, bajo condiciones de vivero.

Previo a la siembra se realizó un análisis nutrimental del suelo de cultivo, para asegurar los requerimientos nutrimentales de las especies. Se trabajó en dos camas de vivero, de 6X0.90 m y una profundidad de 60 cm, una para la siembra de las dos asociaciones en Cuarto Menguante (CM) y la otra en Cuarto Creciente (CC).

Semanalmente durante nueve meses (tiempo necesario para cosechar la especie con el ciclo de vida más largo), se registró por especie: altura, cobertura, número de hojas (acelga y lechuga), longitud-cobertura de raíz (rábano y zanahoria), supervivencia y contenido de clorofila. Al momento de la cosecha, se cuantificó, la tasa de crecimiento relativo, índice de calidad de planta de Dickson, índice de cosecha, rendimiento y finalmente, se realizó un análisis de rentabilidad (costo/beneficio).

Los resultados, mostraron una relación diferencial entre las asociaciones hortícolas y las fases lunares. La asociación 1, presentó los mejores resultados en las variables cuantificadas, y en relación a las fases de la luna, las especies de fotoperiodo largo (rábano y lechuga) respondieron mejor en la fase de CC y las de fotoperiodo corto (acelga) en la fase de CM.

En la asociación 2, el ajo presentó una mortandad del 100%, el frijol una baja producción de vainas, el cilantro (especie de fotoperiodo largo) respondió mejor a la fase de CC y la zanahoria (fotoperiodo neutral) solo presentó diferencias estadísticas significativas en la altura del follaje, en relación a la altura del follaje.

Por otra parte, el análisis Costo/Beneficio (C/B), mostró una mayor rentabilidad para la asociación 1 en ambas fases lunares, en donde la acelga fue la especie con el mayor rendimiento (21 kg/m²) en CM. En la asociación 2, el análisis C/B fue ≤ 1 , lo que indica que no fue rentable.

La conclusión de este trabajo es que existe una diferencia significativa, en el desarrollo y el rendimiento, cuando las especies se sembraron en CM y CC, bajo las condiciones de este experimento. Se encontró una relación entre el fotoperiodo de las especies y las fases lunares, así, las plantas de día largo como la lechuga, rábano y cilantro presentaron mejores resultados en relación a las variables medidas, en la fase de CC, y las de ciclo corto como acelga y frijol en la fase de CM, lo cual se puede relacionar de manera equivalente a las observaciones empíricas que tienen los agricultores. Con los resultados obtenidos, se demuestra una relación directa entre las fases lunares y algunos atributos del crecimiento y el rendimiento de algunas hortalizas.

1. Introducción

La luna ha sido vinculada y relacionada a través del tiempo, con distintas actividades agrícolas realizadas por el ser humano. A través del tiempo, el conocimiento tradicional y empírico ha sido transmitido de generación en generación y todavía en la actualidad, algunos agricultores de grupos étnicos e incluso aquellos que se dedican a la agricultura orgánica y biodinámica, consideran a la luna como un aspecto fundamental que rige diversas actividades agrícolas tales como: la siembra, cosecha, poda y almacenamiento de semillas entre otras, e incluso se manifiesta que tiene una influencia en el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Restrepo, 2005).

El motivo de considerar a la luna en el sistema productivo, es porque se ha reportado que sus diferentes fases, tienen una influencia directa en el crecimiento de las plantas, en la variación y disponibilidad de agua en el suelo, y en las fuerzas electromagnéticas que afectan directamente el desarrollo de las plantas (Alvarenga, 1996). Sin embargo, son pocos los estudios científicos que demuestren la relación existente entre las fases de la luna y el desarrollo de los cultivos; a pesar de que en la actualidad, existen sectores agrícolas que aseguran, que los cultivos son influenciados por las diferentes fases lunares. De aquí, que sea necesario validar experimentalmente dichas influencias.

Por otro lado, en la agricultura tradicional, la mayoría de las prácticas están basadas en una diversidad de cultivos asociados, tanto en el tiempo como en el espacio, que permiten mantener una producción sostenible de alimentos (Rival, 2000); así mismo, otras prácticas agroecológicas como: la asociación y la rotación de cultivos, que tienen la misma función también mantienen la fertilidad del suelo y regulan en gran medida y de manera natural, plagas y enfermedades (González-Jácome, 2007).

El objetivo de este trabajo fue cultivar ocho especies hortícolas en asociación, en relación a las fases lunares (Cuarto Menguante y Cuarto Creciente) en un modelo de producción intensiva, con el fin de generar conocimiento que valide el manejo empírico de los agricultores

2. Antecedentes

2.1. Fases lunares en las actividades agrícolas

En la agricultura, el uso de las fases lunares se remonta a la antigua Mesopotamia, donde se observó que estas se repetían periódicamente, lo que permitió crear el calendario babilónico, el cual servía para realizar las actividades agrícolas de manera sincronizada (Acosta-Torales y Jaramillo, 2001).

La literatura menciona que para cada fase lunar, existen tareas específicas (como siembras, trasplantes, preparación de la tierra, podas) que realizadas en el momento oportuno redundan en una mejor producción del sistema (Cuadro 1) (Alvarenga, 1996 y Arce, 1997). Los productores sostienen, con base en su experiencia, que si la siembra se realiza en una fase lunar que no es la más conveniente, se obtendrá como resultado, plantas que “florecen antes de tiempo” o que “producen muchas hojas y no dan frutos tan grandes”, (Azzi, 1968).

Cuadro 1. Efectos de las fases lunares en las actividades agrícolas (Alvarenga, 1996; Arce, 1997).

PERIODO LUNAR	¿QUE PRODUCE Y QUE HACER?
Luna Nueva-Cuarto Creciente	Se produce una gran fuerza magnética, lo que hace que la luna tenga una significativa atracción sobre la tierra, esto provoca grandes movimientos de agua en el subsuelo, generando que las plantas tengan un crecimiento balanceado, favoreciendo el crecimiento del follaje y de la raíz. En este periodo lunar al haber mayor disponibilidad de agua en el suelo, se recomienda la siembra dos o tres días antes o durante luna nueva, semillas de germinación rápida como: maíz, frijol, arroz, hortalizas, entre otras.
Cuarto Creciente-Luna Llena	La fuerza de atracción de la luna sobre la tierra se incrementa, disminuye la gravedad terrestre y el crecimiento de las raíces es menor, pero el crecimiento del follaje se incrementa; la cantidad de agua dentro de la planta también aumenta. En este periodo lunar, no se recomienda cortar estacas para la propagación vegetativa, ya que las auxinas pueden estar muy diluidas y no ayudarían a estimular el enraizamiento.
Luna Llena-Cuarto Menguante	La luna disminuye su cantidad de luz y su gravedad. Este es un buen periodo para el trasplante y para un crecimiento rápido y vigoroso de las raíces. Durante este periodo es recomendable sembrar semillas de germinación lenta.
Cuarto Menguante- Luna Nueva	La luz nocturna va en disminución. Se produce un lento crecimiento en el sistema radical y foliar. Los agricultores tradicionales, prefieren realizar sus labores agrícolas en este periodo porque han observado que las plantas se adaptan mejor a los cambios.

Barreiro (2003), menciona que en el campo de la agricultura popular existen dos reglas básicas, para cultivar bajo la influencia de la luna y obtener los mejores rendimientos: 1) Sembrar en Cuarto Menguante (CM), las hortalizas cuya parte comestible crece por debajo de la tierra (geófitas), como las zanahorias, rábanos, nabos, cebollas, ajos, etc., así como aquellas cuya parte comestible se desarrolla al nivel del suelo (hemicriptófitas) como las lechugas, acelgas y espinacas, entre otras y 2) Sembrar en Cuarto Creciente (CC), las hortalizas cuya parte comestible crece sobre la superficie del suelo como jitomates, pepino (terófitas) y chile (caméfitas).

Por otro lado, Restrepo (2005), menciona que las hortalizas que tienen que ver con el desarrollo y producción de hojas para el consumo, se recomienda su siembra en el período de Cuarto Menguante-Luna Nueva (CM-LN) (acelgas, lechugas, espinacas, coles, etc.) y todas las hortalizas que producen frutos aéreos y flores para el consumo, se recomienda su siembra en Cuarto Creciente-Luna Llena (CC-LL) (brócoli, calabaza, coliflor, habas, tomate, entre otras).

2.1.1. Influencia de la luminosidad lunar en las plantas

La luz del sol que refleja la luna es importante en el ciclo de vida de las plantas. Ha sido objeto de la atención y el estudio de ingenieros y técnicos agrícolas que la consideran esencial para la vida terrestre, especialmente en lo que se refiere al mundo vegetal (Rossi, 1997).

La influencia más significativa de la luna depende de la luminosidad, esta a pesar de que carece de luz propia y que en su superficie absorbe el 93% de la energía luminosa que recibe del sol, solo transmite a la tierra el 7% restante, sin embargo la intensidad lumínica de la luna llena, es insuficiente para provocar un incremento en la fotosíntesis, pero de acuerdo a Urbano (1995), puede estimular el fotoperiodo de algunas plantas, ya que ésta luz es capaz de activar los fitocromos y actuar, en consecuencia, como un suplemento de la duración de la iluminación diurna (Urbano, 1995).

Por otro lado Salisbury y Ross (1992), mencionan que la intensidad lumínica que es reflejada por la luna llena, podría ser suficiente para interrumpir el periodo de oscuridad, responsable de inducir las respuestas fisiológicas en las plantas de fotoperiodo largo, como la floración. Así mismo, Urbano (1995), menciona que las especies de fotoperiodo largo, pueden ser inducidas a florecer durante las fases lunares de cuarto creciente y luna llena, por complementar el periodo luminoso solar.

La lechuga y el rábano, son especies de fotoperiodo largo, donde la floración puede ser inducida de manera precoz, cuando son sembradas en cuarto creciente y por lo tanto dar como resultado un producto de mala calidad (menos hojas y más pequeñas), (Azzi, 1968; Urbano, 1995).

2.1.2. Estudios previos

Acosta-Torales y Jaramillo (2001), evaluaron el crecimiento de las plantas de papaya en las diferentes fases de la luna, donde se midió la altura de la planta, el diámetro del tallo, y el número de hojas por planta tanto en vivero como en campo, así como también la germinación y la supervivencia. Los resultados demostraron que las semillas de papaya presentan un mayor porcentaje de germinación en la fase de luna nueva (57.5%), seguido por la fase de luna llena (40.8%) en cultivo de vivero. En cuanto a la altura, el diámetro en tallo y número de hojas, fue mayor en la fase de cuarto menguante.

Alonso *et al.* (2002), estudiaron el efecto de la fase lunar durante el establecimiento de estacas, del piñón florido (*Gliricidia sepium*). Los tratamientos consistieron en el corte y la siembra del piñón florido en cada una de las fases de la luna: a) cuarto menguante, b) luna nueva, c) cuarto creciente y d) luna llena. Se midió en distintos momentos del establecimiento, la altura de la estaca, el número y distribución y la longitud de los rebrotes y la supervivencia. Las distintas fases lunares mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en la altura de la estaca y la longitud del último rebrote, en las fase de cuarto creciente (0.92 cm) y cuarto menguante (42.37 cm). En todas las fases lunares, el mayor porcentaje de los rebrotes (más de 70 %) se encontró en los estratos más bajos de la estaca. Los resultados de este estudio indicaron que la fase lunar influye en el establecimiento y supervivencia de las estacas del piñón florido utilizado como cerca viva, por lo que se recomienda realizar el corte y la plantación de las estacas durante la fase lunar de cuarto menguante

Kemelmajer y De Luca (2009), trabajaron con lechuga criolla (*Lactuca sativa*), cultivada bajo túnel y, brócoli (*Brassica oleracea L. cv. italica*) con siembra

directa en campo, ambas fueron sembradas en dos fases lunares: creciente y menguante, obteniendo mejores resultados en general en la fase de cuarto creciente. En particular reportan que en esta fase lunar, para lechuga, se presentaron diferencias significativas en el peso fresco y en los días a cosecha, pero no en el peso seco y, en brócoli se presentaron diferencias significativas, tanto en peso fresco como en el tamaño de la pella y en el rendimiento total.

Flores *et al.* (2012), evaluaron el efecto de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz, establecieron un experimento utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por cada fase lunar (16 parcelas en total). Se midió el porcentaje de germinación, el crecimiento y rendimiento del cultivo, donde los resultados reflejan que la germinación de las semillas y el diámetro del tallo, presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo mayores en parcelas sembradas en las fases de cuarto creciente y luna nueva. Las variables altura, largo y peso de mazorca, no presentaron diferencias estadísticas significativas.

2.2. Características de las especies a asociar

Para que en una asociación las especies puedan coexistir exitosamente y, se cumpla el principio de complementariedad ecológica (uso eficiente del agua y nutrimentos), se plantean criterios de asociación con base a: las características morfológicas y fisiológicas de las especies, así como en función a sus requerimientos nutrimentales (Cuadro 2 y 3), (Alcazar, 2010).

Cuadro 2. Requerimientos agroecológicos de las especies estudiadas (Alcazar, 2010; Powers y McSorley, 2000).

REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS						
Hortaliza	Familia	Nombre científico	Luz *	Temperatura °C	Humedad %	Ciclo de vida
acelga	<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Beta vulgaris</i> L.	Moderada	15 -18	60 - 80	Bianual
chile jalapeño	<i>Solanaceae</i>	<i>Capsicum annun</i> L.	Abundante	18 -30	60 - 80	Anual
rábano	<i>Cruciferae</i>	<i>Raphanus sativus</i> L.	Abundante	15 - 18	60 - 80	Bianual
lechuga	<i>Compositae</i>	<i>Lactuca sativa</i> L.	Moderada	15 -18	60 - 80	Anual
frijol	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Moderada	18 – 30	60 - 80	Anual
zanahoria	<i>Umbelliferae</i>	<i>Daucus carota</i> L.	Moderada	15 - 18	60 - 80	Bianual
cilantro	<i>Umbelliferae.</i>	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Moderada	15 - 18	60 - 80	Anual
ajo	<i>Liliaceae</i>	<i>Allium sativum</i> L.	Abundante	13 – 24	60 - 80	Perenne

* Abundante > 10,000-32,000 lux; Moderada 5,000 – 10,000 lux.

Cuadro 3. Características de complementariedad entre las especies asociadas (Alcazar, 2010; Powers y McSorley, 2000)

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS					
Hortaliza	Parte comestible	Sistema radical	Requerimiento nutricional	Ruta fotosintética	Fotoperiodo
acelga	Hojas	Napiforme	Consumidora fuerte	C ₃ _C ₄ (intermedias)	PDL
chile jalapeño	Fruto	Ramificado	Consumidora fuerte	C ₄	PDN
rábano	Raíz	Napiforme	Consumidor ligero	C ₃ -C ₄ intermedia	PDL
lechuga	Hojas	Pivotante	Consumidora fuerte	C ₃ -C ₄ intermedia	PDL
frijol	Fruto	Pivotante	Donador	C ₃ -C ₄ intermedia	PDC
zanahoria	Raíz	Napiforme	Consumidor fuerte	C ₃	PDN
cilantro	Hojas	Pivotante	Consumidor ligero	C ₃	PDL
ajo	Bulbo	Fasciculado	Consumidor ligero	C ₃	PDC

PDC: Planta de día corto; PDN: Planta de día neutro; PDL: Planta de día largo

2.3. Planteamiento del problema

En México hay pocos estudios que aborden de manera científica aspectos de la agricultura tradicional, basados en el conocimiento generado durante muchos años (desde el origen de la agricultura hasta nuestros tiempos) y que ha sido transmitido a través de las generaciones, como la presencia de las fases lunares para realizar algunas prácticas agrícolas.

Explicar los procesos fisiológicos en las plantas, relacionados con el efecto de las fases lunares, es un tema que no ha sido muy estudiado, debido, tal vez por considerar a estas prácticas como algo exotérico y no cuantificable de manera científica; sin embargo existe literatura poca y dispersa que establece una relación directa entre la luna y las diferentes prácticas culturales, así como con el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Anguiano, 1992.; Acosta-Torales y Jaramillo, 2001.; Alonso *et al.*, 2002.; Higuera-Moros *et al.*, 2002; Carrillo y Criollo, 2005; Kemelmajer y De Luca 2009; Olmedo, 2009; Loor, 2011 y Flores *et al.*, 2012).

En Europa se practica la agricultura biodinámica (basada en los principios de Rudolf Steiner) que establece un efecto directo de las fuerzas cósmicas y telúricas sobre el desarrollo y rendimiento de muchos cultivos de importancia económica (Thun y Mattias, 2001), tales como: el cultivo de la vid y de la manzana, debido a que se mejora el sabor de los frutos cultivados en relación a las fases lunares (Steiner, 1988).

En México existe una gran riqueza biológica y cultural que permite como consecuencia una gran riqueza de prácticas agrícolas basadas en el manejo empírico, que tienen como base el buen uso y conservación de los recursos naturales, lo cual conlleva a la creación de sistemas de producción sostenibles. De tal modo que es importante que en México, se valide el conocimiento tradicional que se ha generado como una respuesta de la interacción hombre-naturaleza durante mucho tiempo y que representa la forma de manejo de los sistemas actuales de producción agroecológica.

Por lo que este trabajo pretende responder a la siguiente pregunta: ¿existe una relación entre las fases lunares Cuarto Creciente y Cuarto Menguante, con algunas variables del crecimiento y rendimiento para ocho hortalizas?.

2.4. Justificación

La luna ejerce una fuerza de atracción gravitacional sobre la tierra, lo cual produce una serie de efectos sobre fenómenos naturales y biológicos, que regulan procesos como las mareas y los ciclos de vida de algunos insectos (Rossi, 1997.; Salisbury y Ross, 1992.; Restrepo, 2005). Estos fenómenos son predecibles con bastante exactitud. Por ejemplo, se puede predecir la hora y altura de la marea que se presentará en un día determinado dentro de 2000 años, a través de modelos predictivos (Mederos, 2009).

Por otro lado, se considera que la luna presenta un efecto en la conducción de la savia elaborada en las hojas a través de la fotosíntesis. Restrepo (2005), menciona que durante la fase de CM-LN la savia es traslocada hacia las estructuras vegetales localizadas por debajo y en el nivel del suelo (hojas, raíces, bulbos, cormos); así mismo, se plantea que durante la fase CC-LL, la savia se trasloca hacia las estructuras localizadas por encima del suelo (>25 cm) (frutos y hojas), esto como consecuencia de la fuerza gravitacional. Esto puede ser equivalente al mecanismo de ascenso de la savia en las plantas desde el punto de vista fisiológico (Salisbury y Ross, 1992), donde de acuerdo a la teoría de la cohesión, el ascenso de la savia depende la diferencia entre los potenciales osmóticos de las células vivas del tallo y de las hojas.

Por otro lado, las observaciones de los agricultores, reportan que durante las fases de CC-LL, los tallos y las cortezas de las plantas presentan un mayor contenido de agua, lo que propicia inconvenientes como la presencia de hongos y la podredumbre de la madera, en actividades como el estacado y la poda (Restrepo, 2005).

También dentro de la agricultura tradicional, la luna representa un aspecto importante, debido a que muchas de las prácticas de producción se basan en el conocimiento sobre el papel que juega la luz reflejada por la luna, en la germinación, el desarrollo y en el fotoperiodo (Urbano, 1995; Restrepo, 2005).

Aunque existe evidencia del efecto de la luna en las actividades agrícolas, este no ha sido evaluado bajo la rigurosidad científica y solamente se basa en la experiencia milenaria de los agricultores.

De tal modo, que es importante abordar la relación producción agropecuaria-efecto fases lunares, ya que dichos estudios pueden generar conocimientos aplicados para mejorar la producción y la calidad de vida de los agricultores. Por lo que este trabajo se enfocó a identificar relaciones entre dos fases lunares y el comportamiento de algunas variables morfofisiológicas de ocho hortalizas de mayor demanda en México.

3. Hipótesis.

Las fases lunares, de acuerdo a la teoría de la tensión-cohesión-evapotranspiración, ejercerán un efecto diferencial sobre el cultivo de hortalizas, dependiendo de su hábito de crecimiento. Las hortalizas de hoja y tubérculo, presentarán un mejor desarrollo cuando la siembra se realice en Cuarto Menguante y las de fruto cuando se siembren en Cuarto Creciente.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Determinar la relación entre fases lunares Cuarto Menguante y Cuarto Creciente y variables del crecimiento y rendimiento de ocho hortalizas.

4.2. Objetivos Particulares.

Determinar la relación entre fases lunares y tasa de crecimiento relativo, contenido de clorofila e índice de Dickson para las especies de dos asociaciones hortícolas.

Calcular el rendimiento (kg/m^2) y el índice de cosecha para cada una de las especies, en relación a cada una de las fases lunares (CM y CC).

Realizar un análisis de rentabilidad (relación costo-beneficio) en las dos asociaciones hortícolas en función a las dos fases lunares.

Determinar el tiempo (días) de cosecha para cada uno de los cultivos en cada fase lunar.

5. Materiales y Método

El experimento se realizó durante los meses de agosto de 2010 a septiembre de 2011, en el Centro de capacitación en agricultura urbana “Chimalxochipan”, ubicado en Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

La metodología empleada en este experimento se desarrollo en dos partes: a) preparación de las camas biointensivas y b) siembra de las dos asociaciones hortícolas en las fases lunares CC y CM (Fig. 1).

Previo a establecer los cultivos en las camas biointensivas, se diseñaron dos asociaciones hortícolas, en relación a los siguientes criterios por orden de prioridad:

- 1) Diferentes características morfológicas (longitud de raíces, arquitectura foliar, forma de las hojas, etc.), (Alcazar, 2010).
- 2) Diferente hábito de crecimiento (vertical, horizontal), (Alcazar, 2010).
- 3) Diferente requerimiento nutrimental (demandantes, donantes, consumidores ligeros), (Alcazar, 2010).

4) Diferente familia botánica, (Alcazar, 2010).

Estas asociaciones fueron: Asociación 1 (A1): acelga-chile jalapeño-rábano-lechuga y Asociación 2 (A2): Frijol-zanahoria-cilantro-ajo (Cuadros 2 y 3).

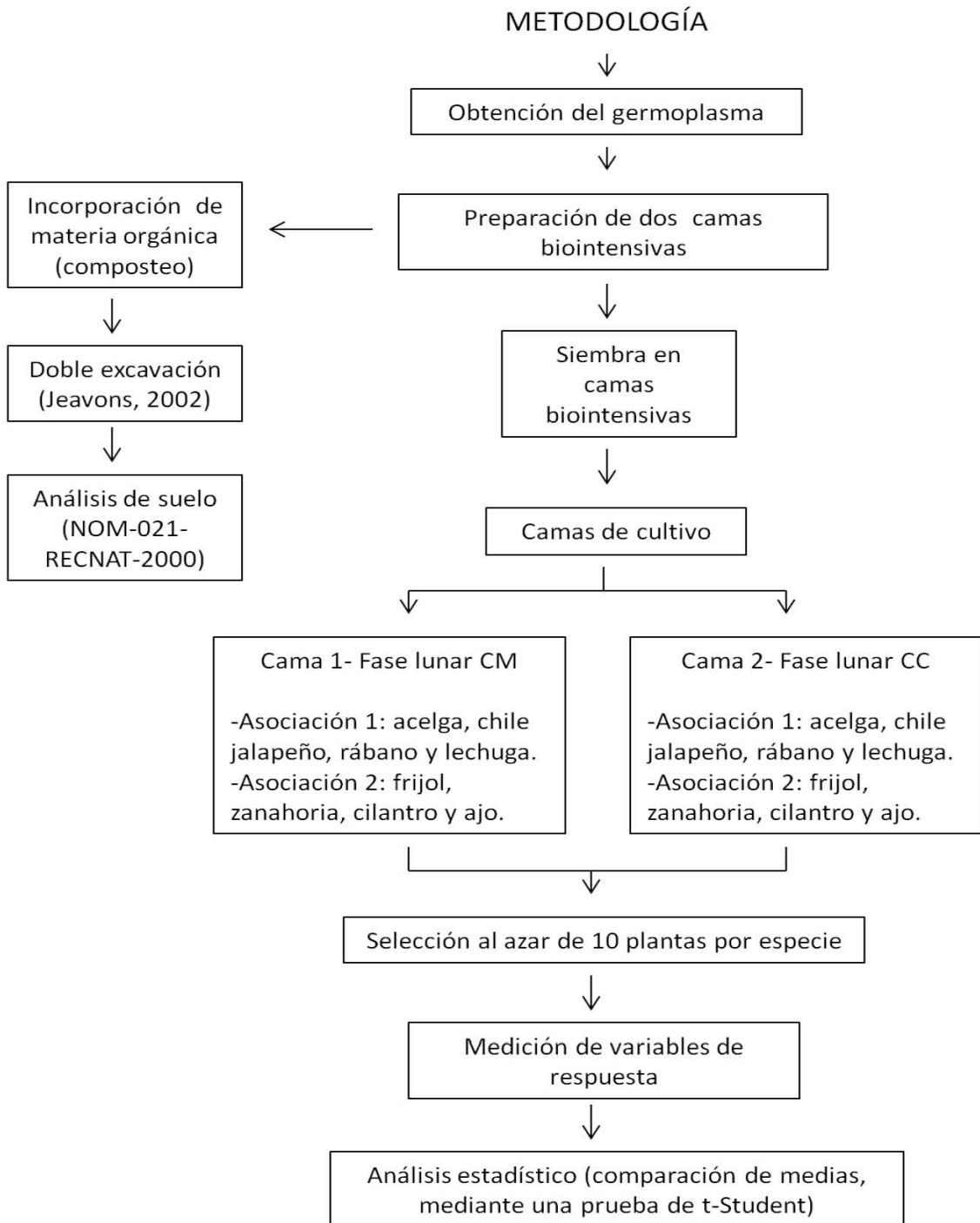


Figura 1. Diagrama general de la metodología empleada.

5.1. Preparación de las camas biointensivas.

Se utilizaron dos camas de 0.90 m x 6m y 60 cm de profundidad, una para cultivar las dos asociaciones hortícolas en CM y la otra para las mismas asociaciones en CC. La preparación de las camas se realizó en dos pasos, **el primer paso**, consistió en la incorporación de materia orgánica procedente de residuos de frutas, verduras y pasto seco, al suelo, con el fin de enriquecerlo con nutrientes, obtener una relación carbono-nitrógeno \geq a 30 y mantener la microfauna edáfica responsable de la mineralización de nutrientes para el crecimiento óptimo de las plantas (Lampkin, 1998).

La incorporación de la materia orgánica, se realizó de manera alternada con capas de pasto seco y suelo (Fig. 2). Esta mezcla, se regó diariamente, durante un mes, para promover la desintegración e integración de la materia orgánica. La siembra de las especies, se inició una vez que en el sustrato ya no se observaran los residuos de M.O. adicionada al principio y el olor era característico al suelo de bosque.



Figura 2. Incorporación de la M.O.

El segundo paso, fue realizar lo que se conoce como “doble excavación”, con el propósito de descompactar el suelo hasta 60 cm de profundidad y, así favorecer las condiciones de humedad y aireación, necesarias para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas (Jeavons, 2002).

Para realizar la doble excavación, se inició ésta, en un extremo de la cama, realizando una zanja de 30 cm de profundidad y 30 cm de ancho, para retirar los primeros 30 cm de suelo (los cuales se pueden utilizar para preparar

almácigos o para ser incorporados a la composta), enseguida con un biello se aflojó la tierra de los otros 30cm de profundidad (Figs. 3 a y b). Después se volvió a excavar otra zanja con las mismas dimensiones ya antes mencionadas, pero esta vez el suelo superficial (de los primeros 30 cm), se incorporó a la segunda zanja (Fig. 4). Estos pasos se repitieron hasta completar la longitud de la cama (6 m), posteriormente se niveló el sustrato con un rastrillo, y finalmente se incorporó sobre este una capa de 5 cm de composta (Jeavons, 2002).



Figura 3. Excavación de la primera zanja de 30 x 30 cm.



Figura 4. Excavación de la segunda zanja de 30 x 30 cm.

5.2. Análisis físico y nutrimental del suelo

Pasado un mes después de haber preparado las camas biointensivas, para el cultivo de las especies, y previo a la siembra, se tomaron tres muestras del suelo de las dos camas, considerando los dos extremos y el centro de estas, para formar una muestra compuesta, en la que se determinaron algunos parámetros, indicadores de la fertilidad del suelo: pH, M.O, conductividad eléctrica, N (total), P (total), K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn (NOM-021-RECNAT-

2000). Los análisis se realizaron en la Unidad de Investigación en Edafología y Nutrición Vegetal, en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, a cargo del Dr Gerardo Cruz Flores.

5.3. Obtención del germoplasma

Las semillas de cada especie, se compraron en una casa comercial convencional, excepto la semilla de frijol que se adquirió en Green Corner (tienda de productos orgánicos).

5.4. Siembra de las especies hortícolas

Todas las semillas se sembraron sin ningún tratamiento pregerminativo, debido a que no presentan latencia (Hartmann y Kester *et al.*, 2002).

Las semillas de cada cultivo, se sembraron en las dos camas del vivero, tres días antes de la entrada de cada una de las fases lunares de Cuarto Creciente (CC) y Cuarto Menguante (CM) (Alvarenga, 1996 y Arce, 1997), (Cuadro 4).

Las dos camas, se dividieron en dos secciones de 3m cada una y un ancho de 0.90 cm, en la primera sección se cultivó la asociación 1 y en la segunda, la asociación 2. Una de las camas se asignó para la fase de CC y la otra para la fase de CM.

Cuadro 4. Fecha de las Siembras, en las diferentes fases lunares.

FASE LUNAR	FECHA LUNAR	FECHA DE SIEMBRA	ESPECIES SEMBRADAS
CM	28 / Nov. / 2010	25 / Nov. / 2010	acelga, chile jalapeño, rábano, lechuga, frijol, zanahoria, cilantro y ajo
CC	13 / Dic. / 2010	10 / Dic. / 2010	acelga, chile jalapeño, rábano, lechuga, frijol, zanahoria, cilantro y ajo

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

La siembra se realizó en cada una de las camas de manera directa y de forma simultánea.

5.5. Siembra directa

Tres días antes de la siembra, se realizó un riego en las camas biointensivas, para mantener las condiciones apropiadas de humedad del sustrato, para la emergencia de las plántulas.

La siembra se realizó, mediante el método tresbolillo o siembra cercana, de tal forma que la distancias entre las semillas fueran equidistantes (Jeavons, 2002), y adecuadas para su desarrollo (Cuadro 5). Para esto se utilizaron triángulos equiláteros de madera contruidos especialmente para esto (Fig. 7). En cada punto del triángulo, se sembraron las semillas a una profundidad de acuerdo al tamaño de la semilla (tres veces su tamaño), (Jeavons, 2002).

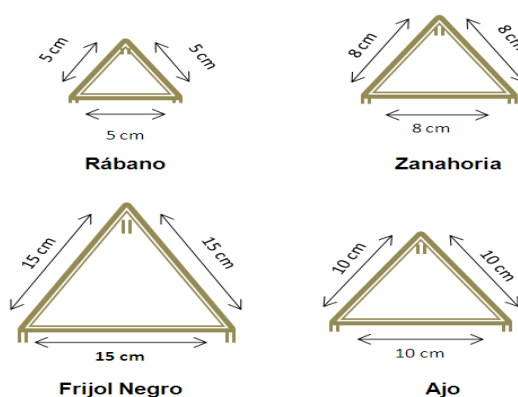


Figura 5. Triángulos de madera para realizar la siembra a tresbolillo.

Con este método de siembra, se obtuvo un buen número de plantas por área (Cuadro 5) (Fig.8). La literatura (Jeavons, 2002) menciona que se pueden producir hasta tres- cuatro veces más plantas por el método de siembra cercana.

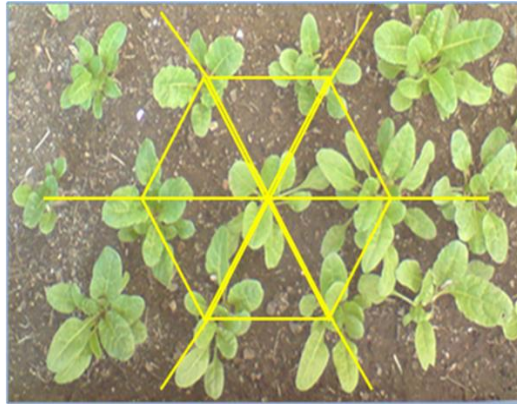


Figura 6. Plantación a tresbolillo.

Cuadro 5. Distanciamiento entre plantas y densidad de siembra para cada especie hortícola (Jeavons, 2002).

Cultivo	Distancia	Plantas por área
A1		
Acelga	15 cm	33 x 90 cm
Chile jalapeño	30 cm	12 x 90 cm
Rábano	5 cm	30 x 20 cm
Lechuga	25 cm	18 x 100 cm
A2		
Frijol	15 cm	44 x 90 cm
Zanahoria	8 cm	80 x 80 cm
Cilantro	8 cm	80 x 80 cm
Ajo	10 cm	72 x 50 cm

A 1: Asociación 1 y **A 2:** Asociación 2.

5.6. Variables de respuesta

5.6.1 Antes de la cosecha

Para identificar la relación entre las fases lunares y el crecimiento y rendimiento de las especies, se seleccionaron al azar, 10 plántulas de cada especie hortícola, correspondientes a cada fase lunar (CC y CM), y a cada asociación, esto se hizo de manera semanal. Se evaluaron tres variables de respuesta del crecimiento:

Altura (cm): se midió desde la base del suelo, hasta la punta del brote terminal, con la ayuda de un flexómetro.

Cobertura (cm); se tomaron dos mediciones (en forma de cruz) del follaje de la planta, registrando solo el promedio de los valores.

Numero de hojas: se contó el número de hojas por planta. Esta variable solo se cuantificó para las hortalizas cuyo interés comercial son las hojas (acelga y lechuga).

5.6.2 Al momento de la cosecha

Antes de la cosecha, y por única vez, se evaluó el contenido de clorofila en las hojas de los diferentes cultivos, con un clorofilómetro, marca MCL502 Minolta SPAD 502 plus modelo estándar. Se realizaron tres lecturas en las hojas de cada planta correspondiente al muestreo (10 plantas por especie), (Fig. 9) y posteriormente se calculó un promedio.



Figura 7. Medición de clorofila.

5.6.3 Después de la cosecha

Después de la cosecha se registraron las siguientes variables: peso fresco, peso seco (se obtuvo secando la planta en una estufa a temperaturas de 65 a 70 °C durante 48 horas), diámetro y longitud final de la raíz o parte comestible en el caso de la zanahoria y el rábano.

Se calcularon los siguientes índices:

5.6.4 Tasa de Crecimiento Relativo. Se aplicó la fórmula propuesta por Leopold y Kriedeman (1975).

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

Donde: t_2 : tiempo final; t_1 : tiempo inicial.

5.6.5 Índice de calidad de Dickson.

Para calcular este índice, se tomaron las siguientes variables: peso seco de la planta (PS), altura (Ht), peso seco de la parte aérea (Pas); cobertura (dac) y el peso seco de la raíz (Rzs).

El índice de Dickson se calculó de la siguiente manera (Cuevas, 1995):

$$ICD= PS / [(Ht / dac) + (Pas / Rzs)]$$

5.6.6 Rendimiento/m²

Para determinar el rendimiento/m² se tomó el peso de la parte comestible de cada hortaliza por m² (Gliessman, 2002).

$$\text{Rendimiento} / m^2 = \text{Peso de la parte comercial} / m^2$$

5.6.7 Índice de cosecha

El Índice de cosecha, se evaluó mediante la siguiente fórmula (Schneider *et al.*, 1997; Ramirez y Kelly, 1998):

$$\text{Índice de cosecha (IC)} = \frac{[\text{Productividad Económica} \times 100]}{(\text{Productividad Biológica})}$$

Donde la productividad económica corresponde al peso de la parte comestible y la productividad biológica es el peso seco la planta, incluyendo la parte comestible.

5.6.8 Análisis de rentabilidad.

El análisis de rentabilidad económica se calculó con base a la relación beneficio/costo, mediante la fórmula (Ruíz, 1996):

$$\text{Relación Beneficio / Costo} = \frac{(\text{Beneficios Totales})}{(\text{Costos Totales de Producción})}$$

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

5.7. Análisis estadístico

Se aplicó una prueba de comparación de medias t-Student, para comparar los resultados de cada una de las variables de respuesta, en cada una de las especies, entre las dos poblaciones: fase lunar cuarto creciente y cuarto menguante. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics centurión XV.

6. Resultados y Discusión

6.1. Composición físico-química del suelo utilizado.

Los resultados del análisis físico y de nutrimentos del suelo, obtenidos con base en la NOM-021-RECNAT-2000 que se presentan en el Cuadro 6, indica que los valores nutrimentales del sustrato utilizado en las camas de cultivo (Cuarto Creciente y Cuarto Menguante) corresponde a un suelo fértil y adecuado para la producción de hortalizas. El Ca fue el único nutrimento que presentó niveles bajos (Cuadro 6), sin embargo su deficiencia no mermó el desarrollo y rendimiento de los cultivos ya que de haber sido así, las plantas hubiesen presentado reducción de crecimiento y necrosis en hojas nuevas y flores (síntomas de deficiencia), porque es un elemento poco móvil. Por otro lado, en el caso particular del chile jalapeño, no se presentó, la pudrición distal de los frutos y la quemadura apical en las hortalizas de hoja, lo cual representa sintomatología por deficiencia de Ca (Cruz, 1997).

Un suelo fértil se relaciona con la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas, lo cual depende de un complejo equilibrio de macro y microelementos esenciales para ellas (Sadzawka, 1998). Entre estos, los más importantes, nitrógeno, fósforo y potasio, se consideran los elementos determinantes, ya que si estos se encuentran en niveles adecuados en el suelo, generalmente el resto de los nutrientes también lo están.

A la mayoría de las hortalizas, les favorece un pH entre 5.5 y 7.5, pero cada especie tiene un rango específico donde se desarrolla mejor (Sadzawka, 1998). El pH que se obtuvo en las camas de cultivo corresponde a un suelo moderadamente alcalino (Cuadro 6), donde no se limita la disponibilidad de macroelementos, sin embargo la disponibilidad de microelementos puede ser limitada, excepto para el molibdeno. Sin embargo los cultivos de las dos asociaciones no presentaron sintomatologías por deficiencia de algún micronutriente.

La conductividad eléctrica del sustrato corresponde a un suelo no salino (Cuadro 6), por lo que no fue un factor limitante para el desarrollo de las hortalizas.

Cuadro 6. Parámetros físicos y químicos del suelo en las camas de cultivo.

Parámetro	Resultado del análisis	Intervalos NOM-021-RECNAT-2000	Interpretación *
pH (H ₂ O)	7.8	7.4 - 8.5	Moderadamente alcalino
CE (ds m ⁻¹)	0.45	< 1.0	No salino
M.O (%)	9.85	> 6.0	Muy Alto
N (%)	0.36	> 0.25	Muy Alto
P (%)	0.11	>0.0011	Alto
K (cmol kg ⁻¹)	0.40	0.3 - 0.6	Mediano
Ca (cmol kg ⁻¹)	0.33	< 2.0	Muy Bajo
Mg (cmol kg ⁻¹)	3.14	> 3.0	Alto
Cu (mg kg ⁻¹)	27.44	> 0.2	Adecuado
Zn (mg kg ⁻¹)	111.31	> 1.0	Alto
Fe (mg kg ⁻¹)	23340.43	> 4.5	Alto
Mn (mg kg ⁻¹)	258.72	> 1.0	Alto

* NOM-021-RECNAT-2000

6.2. Tiempo de cosecha

En general, no se presentaron diferencias en relación a los tiempos de cosecha, para cada una de las especies en las dos fases lunares, a excepción del rábano, la lechuga y el cilantro, los cuales se cosecharon entre 7 y 16 días antes en CC, en relación a CM, debido a que estas especies alcanzaron más precozmente la madurez sexual, presentando como una característica de esta etapa, el pedúnculo floral (Cuadro 7).

Para la mayoría de las especies, el tiempo de cosecha se alargó, en relación a lo reportado en la literatura, a excepción de la acelga y la lechuga (Cuadro 7), posiblemente como una respuesta a la temperatura prevaeciente durante el periodo de cultivo (21-27.1 °C), (De Grazia, *et al.*, 2001). En general estas dos

especies presentaron un desarrollo precoz durante los meses fríos del año y sus periodos de cosecha se ajustaron a los referidos por la literatura (Cuadro 7).

En relación a las especies que alargaron su ciclo de vida (chile jalapeño, frijol, zanahoria y cilantro), es importante resaltar que aunque la literatura recomienda su cultivo durante todo el año, estas tienen una preferencia por las temperaturas cálidas, por lo que en este estudio, al haberse cultivado durante el periodo de otoño-invierno, donde las temperaturas promedio del año son las más bajas, el ciclo de vida se alargó (40 días para el chile, 27 días para el frijol y zanahoria y de 44 a 30 días para el cilantro).

Parker (2000), menciona que la temperatura determina la germinación, el crecimiento, la floración y la fructificación (duración del ciclo de vida), así aquellas especies que no cubran dichos requerimientos, presentarán deficiencias en el crecimiento, alargarán la duración del ciclo de vida y reducirán su rendimiento.

Cuadro 7. Tiempos de siembra y cosecha de las dos asociaciones en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Fase Lunar	Fecha de siembra		Fecha de cosecha		Tiempo de cosecha Días		Tiempo de cosecha Días
	CM	CC	CM	CC	CM	CC	(Alcazar, 2010)
ASOCIACION 1							
acelga	28/01/2011	14/01/2011	12/04/2011	01/04/2011	74	74	60-80
chile jalapeño	25/11/2010	10/12/2010	05/09/2011	10/08/2011	220	220	150-180
rábano	25/11/2010	10/12/2010	23/02/2011	02/03/2011	90	82	20-60
lechuga	25/11/2010	10/12/2010	02/03/2011	11/03/2011	97	90	70-90
ASOCIACION 2							
frijol	28/01/2011	14/01/2011	28/06/2011	13/07/2011	217	217	160-190
zanahoria	25/11/2010	10/12/2010	22/04/2011	06/05/2011	147	147	90-120
cilantro	25/11/2010	10/12/2010	11/03/2011	11/03/2011	106	90	40-60
ajo	25/11/2010	10/12/2010	NO	NO	NO	NO	5-8 meses

NO: Datos no obtenidos; CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

Asociación 1: Acelga-Chile jalapeño-Rábano-Lechuga

6.3. Atributos del crecimiento

6.3.1. Hortalizas de hoja

Acelga: la altura no presentó diferencias significativas estadísticamente ($p \geq 0.05$) durante las dos fases lunares (Fig.10); sin embargo, es importante resaltar que las plantas en Cuarto Menguante (CM) presentaron una mayor altura promedio (37.7 cm) en relación a las de Cuarto Creciente (CC), con una diferencia entre ellas de 4 cm. Esta diferencia aunque no es significativa estadísticamente, resulta conveniente para la producción de la especie por el agricultor orgánico, pues podría representar una mayor ganancia económica, ya que en el mercado orgánico por ejemplo en la casa comercial Green Corner, la altura de la acelga que se comercializa generalmente no rebasa los 20 cm.

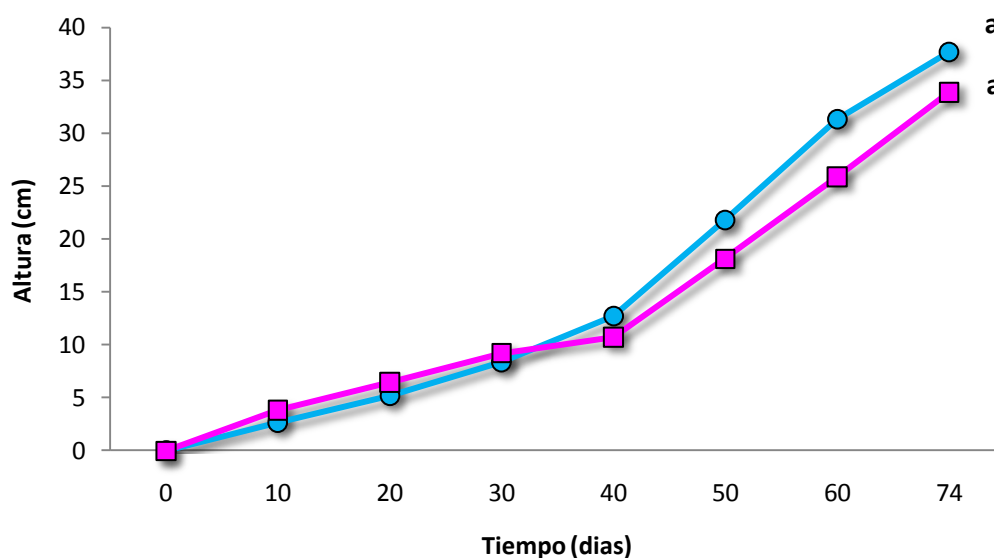


Figura 8. Altura de la acelga desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

Para el peso fresco y seco en las plantas de acelga sembradas en ambas fases lunares, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$) (Cuadro 8). Sin embargo, la gran diferencia entre el peso fresco y seco, en ambos casos, se debe al alto contenido de agua en las hojas (Alcazar, 2010). Para esta especie no se encontró relación entre las fases lunares y las variables evaluadas.

Cuadro 8. Peso fresco y seco de la acelga en la fase de Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC).

Fase Lunar	Peso Fresco (g)		Peso Seco (g)	
	CM	CC	CM	CC
acelga	131.8 ± 77 a	125.8 ± 58 a	4.6 ± 2.8 a	7.7 ± 3.6 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

Lechuga: la altura presentó diferencias significativas positivas estadísticamente, en la fase de CC alcanzando una altura promedio de 22 cm (Fig. 11). Las plantas cultivadas en esta fase, a lo largo de su cultivo siempre presentaron un mayor crecimiento, con respecto a las de CM (Fig. 11). Las plantas en CC –LL presentaron una altura mayor, debido a que durante el periodo de cultivo y en el sitio, estuvieron expuestas por un lado a un total de 1,023 horas luz generadas por el sol durante el periodo de estudio (10 de diciembre - 11 de marzo), y por otro lado, a que cuando las semillas se sembraron en CC, al pasar de esta fase a la de LL, y así hasta completar el ciclo lunar (29 días, 12 horas, 44 minutos y 2.8 segundos), el cual se repitió 3 veces, la luminosidad lunar recibida de manera acumulada fue mayor (0.01-1 lux) que para CM, en donde si bien las plantas estuvieron expuestas a 1106 horas luz generadas por sol durante el periodo de su cultivo (25 de noviembre – 2 de marzo), las semillas al sembrarse durante esta fase de CM-LN, recibieron una luminosidad menor (<0.01 lux), debido a que 7 días permanecieron bajo el influjo que corresponde a CM y los siguientes 7 días a LN, y así hasta completarse el ciclo lunar, el cual se repitió 4 veces, hasta el momento de la cosecha.

Se hace notar que las plantas en CC se cosecharon a los 90 días después de la siembra, debido a que en ese momento presentaron la floración, y en CM la cosecha se realizó 97 días después de la siembra, lo que implica que las plantas de CC aunque estuvieron expuestas a un menor número de horas sol (días cortos), la luminosidad bajo esta fase lunar, puede transformar la condición de día corto en día largo (Fig.12).

Urbano (1995), menciona que la influencia más significativa de la luna depende de la luminosidad, Aquélla carece de luz propia y su superficie absorbe el 93% de la energía luminosa que recibe del sol, por lo que solo trasmite a la tierra el 7% restante. Se ha comprobado que la intensidad luminosa en noches de luna llena es similar a la proporcionada, a 12 m de distancia, por una lámpara de 100 W, de potencia. Esta débil intensidad luminosa es insuficiente para provocar un incremento de fotosíntesis que pudiera explicar una mayor producción de fotoasimilados.

Por esta razón, este autor plantea, que la justificación del influjo de la luna podría estar relacionada con el fotoperiodismo y la inducción fotoperiódica. Aunque de débil intensidad, la luminosidad de las noches de plenilunio es capaz de excitar los fitocromos y actuar en consecuencia, como un suplemento de la duración de la iluminación diurna. Condiciones de iluminación diurna correspondientes a días cortos, pueden transformarse, por esta causa en condiciones de día largo.

Las especies muy sensibles al fotoperíodo, pueden quedar inducidas a florecer por la exposición a unos pocos fotoperíodos largos. Las lechugas y rábanos son ejemplos muy característicos citados por Azzi (1959): “Las lechugas y rábanos sembrados en cuarto creciente, florecen rápidamente y dan productos de baja calidad comercial”, lo cual coincide completamente con nuestros resultados en el caso del cultivo de la lechuga.

Urbano menciona además, que la lechuga y el rábano, son plantas de día largo, muy sensibles al fotoperiodismo, que conviene sembrar en cuarto menguante para que no se induzcan a florecer; sin embargo, dicho autor

menciona que esto no siempre ocurre así y que cada especie cultivada puede presentar comportamientos diferentes, incluso para sus distintas variedades y que esto se debe a que la sensibilidad al fotoperíodo puede ser muy diferente de unos a otros cultivares.

Por otro lado los resultados de este estudio no coinciden con lo reportado por Azzi (1968) y Restrepo (2005) en relación a que las especies que desarrollan un follaje cerca del suelo (hemicriptofitas) presentan un mejor desarrollo cuando se siembran en cuarto menguante, lo que sugiere que no se podría agrupar a las especies únicamente bajo este criterio y que es necesario considerar otros aspectos como el tipo y sensibilidad al fotoperíodo que presenta la especie o variedad.

Por otro lado, Mendoza (2012) menciona, que cuando una planta de día corto se expone a condiciones de día largo, esta tiende a aumentar la duración de la fase vegetativa, por lo contrario cuando estas, están en condiciones de día corto se reduce la duración de la fase vegetativa induciendo tempranamente su floración. En las plantas de día largo se tiene una respuesta inversa en donde las plantas cultivadas en condiciones de día corto tardan más tiempo en florecer que en una condición de día largo.

La luz que refleja la LL a pesar de ser baja en su intensidad (1 lux), tiene un espectro de longitud de onda de 700 a más de 750 nm (Observatorio Astronómico, Universidad de los Andes) (Fig. 12), capaz de actuar como un regulador del fotoperíodo a través del fitocromo (absorben la luz del rojo y rojo lejano en una longitud de onda de 600 a 800 nm), siendo suficiente para interrumpir el periodo de oscuridad, e inducir a florecer a especies de fotoperíodo largo, durante las fases de cuarto creciente y luna llena, por prolongar y complementar el periodo luminoso solar.

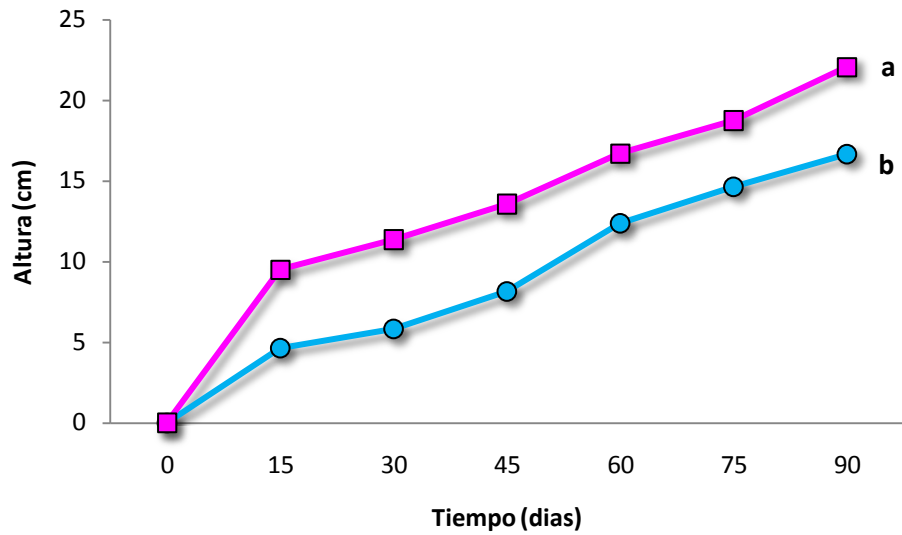


Figura 9. Altura de la lechuga desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de

Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●— .

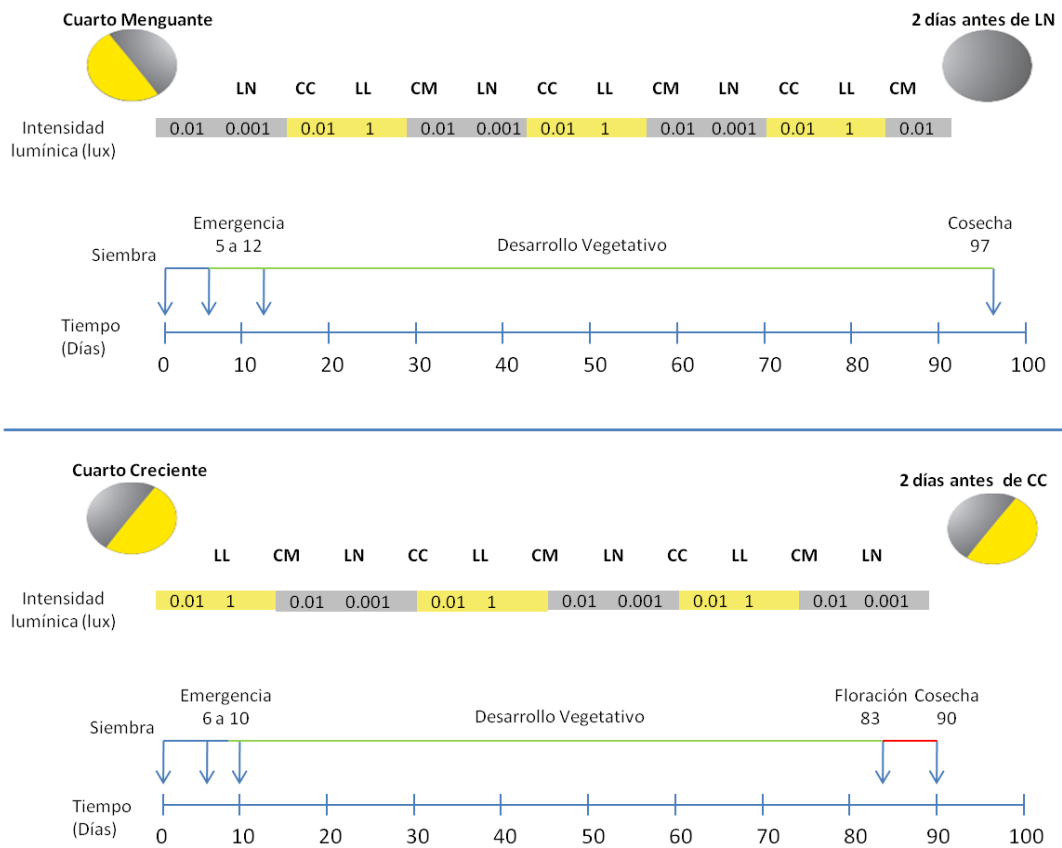


Figura 10. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de lechuga en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

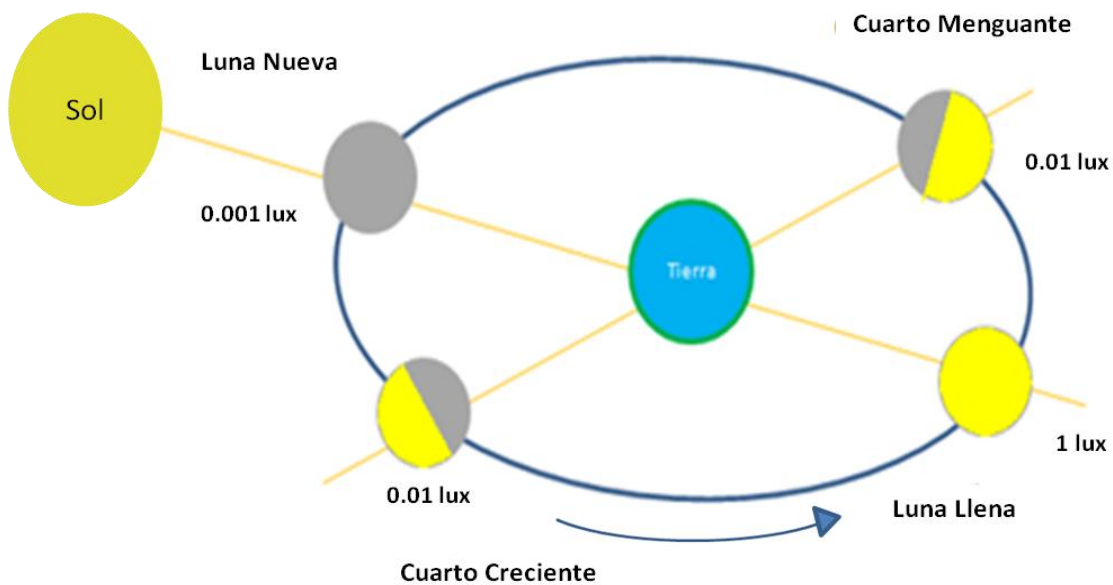


Figura 11. Intensidad lumínica en las cuatro fases lunares.

Por otro lado, las plantas de lechuga sembradas en la fase de CC también presentaron diferencias positivas significativas (≤ 0.05), en el número de hojas, con un promedio de 36 en comparación con las plantas de CM que solo presentaron 26, ambas en un periodo de 90 días (Fig. 14), encontrándose una relación directa con la fase de CC.

Bertero *et al.* (1999) y Troncoso de Arce *et al.* (1988), mencionan que la tasa de aparición de hojas es también afectada por la temperatura y el fotoperíodo. Como para el tiempo a floración, la sensibilidad a la temperatura aumenta mientras que la sensibilidad al fotoperíodo disminuye con aumentos en la latitud de origen de germoplasmas de quinoa. Los materiales del Altiplano Boliviano y Peruano analizados, son insensibles al fotoperíodo para aparición de hojas. Un análisis de las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo en la región de origen muestra que la mayor sensibilidad a la temperatura para aparición de hojas se observa cuando la temperatura promedio es baja o cuando el riesgo de déficit hídrico al final del ciclo es más marcado. Esta mayor sensibilidad a la temperatura de la aparición de hojas está asociada a una mayor precocidad. Los materiales más tropicales estudiados (Nariño, Ecu-621

y Blanca de Junín) poseen la mayor sensibilidad al fotoperíodo de la aparición de hojas; su efecto aparece como un mecanismo que compensa parcialmente la reducción en el número de hojas causada por fotoperíodos comparativamente cortos.

De Grazia *et al.* (2001) observaron, que el factor determinante en la tasa de crecimiento de la lechuga, es la radiación, ya que las plantas al estar expuestas a una mayor radiación, incrementan el número de hojas y el peso seco por la planta. La radiación solar es el factor determinante de la temperatura en una región y esta a su vez, es la responsable del metabolismo de asimilación de nutrimentos y aprovechamiento del agua por las plantas (Salisbury y Ross, 1992). Por lo que podría establecerse una relación entre una mayor producción de hojas en las lechugas cultivadas en la fase de CC y una mayor actividad metabólica, debido a un mayor intervalo de luz.

Las plantas al tener un mayor número de hojas, incrementan su tasa fotosintética, como una respuesta directa a la luz, translocando un mayor contenido de carbohidratos a todos sus órganos, teniendo como consecuencia una mayor producción de biomasa (peso fresco–seco), tanto del follaje como de la raíz, lo cual se presentó en este trabajo (Cuadro 9).

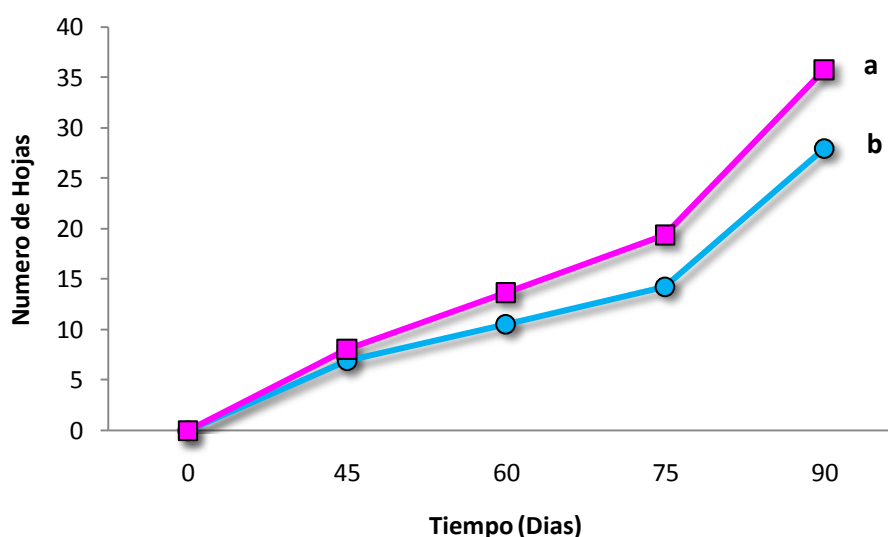


Figura 12. Numero de hojas de lechuga desde su siembra hasta se cosecha en las fases de Cuarto Creciente ■ y Cuarto Menguante ●.

Restrepo (2005), de acuerdo a experiencias de los agricultores ecológicos, menciona que las hortalizas de hoja como la lechuga, crecen y se desarrollan mejor cuando son sembradas en la fase lunar de CM, pero cuando son sembradas en CC florecen rápidamente, por lo que se detiene el crecimiento y pierden la calidad para su consumo. Los resultados de este trabajo coinciden con esta consigna, ya que la lechuga sembrada en CC produjo su floración 14 días antes que las sembradas en CM (Fig. 12).

De aquí que, si el objetivo de los agricultores es la producción de semilla, sería más conveniente la siembra en CC, pero si el objetivo es el consumo de hojas, la siembra sería mejor hacerla en CM.

Cuadro 9. Peso fresco y seco de las plantas de lechuga sembradas en las fases de Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC).

Fase	Peso Fresco (g)		Peso Seco (g)	
	Hoja	Raíz	Hoja	Raíz
CM	109 ± 58.4 b	7 ± 2.9 b	5,1 ± 3.1 b	0,6 ± 0.2 b
CC	151 ± 104.5 a	12,2 ± 6.2 a	9,9 ± 5.3 a	1,7 ± 0.8 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.3.2 Hortaliza de raíz

Rábano: la altura del follaje, presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las plantas sembradas en la fase de CC y CM, alcanzando en CC una altura promedio de 27 cm y en CM de 22 cm (Fig.15). El cultivo del rábano presentó la misma tendencia que el cultivo de lechuga, siendo las dos plantas de día largo y como se mencionó anteriormente por Urbano (1995), es al igual que la lechuga una especie muy sensible al fotoperíodo.

El rábano en la fase de CC acumuló un total de 938 horas luz, mientras que en la fase de CM acumularon 1025 horas luz, esta diferencia de horas luz entre las fases lunares, es debido a que el rábano en CC se cosechó antes de tiempo porque se redujo la duración de la etapa vegetativa, por lo que la luz acumulada en CC fue suficiente para el desarrollo de esta especie, aunado a esto, si se considera la luz del sol que es reflejada por la luna, durante la fase de CC-LL que es el periodo donde se acumula una mayor intensidad lumínica que en la fase de CM, se puede considerar que esta pudo determinar dicha respuesta (caso similar a lo discutido para la lechuga).

Por otro lado, durante el desarrollo fenológico del rábano, se observó que las plantas sembradas en CC presentaron prematuramente la floración, 13 días antes que en la fase de CM (Fig.16). Esto posiblemente a que la luz reflejada de la luna, acumulada en el cultivo que fue sembrado en la fase de CC, más la acumulación de horas luz del sol, pudo ser capaz de actuar como un regulador en el fotoperiodo del rábano e inducir su floración. Por lo tanto es importante mencionar, que se encontró una relación entre floración temprana y la siembra en la fase de CC, considerando que esta hortaliza, es de día largo (Cuadro 3) y que el periodo de luminosidad acumulada tanto la del sol como la reflejada por la luna, pudo provocar tal respuesta.

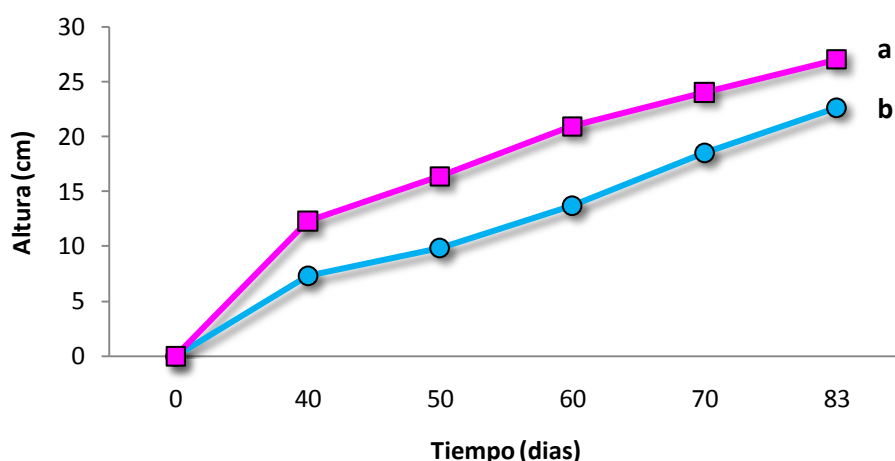


Figura 13. Alturas del rábano desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

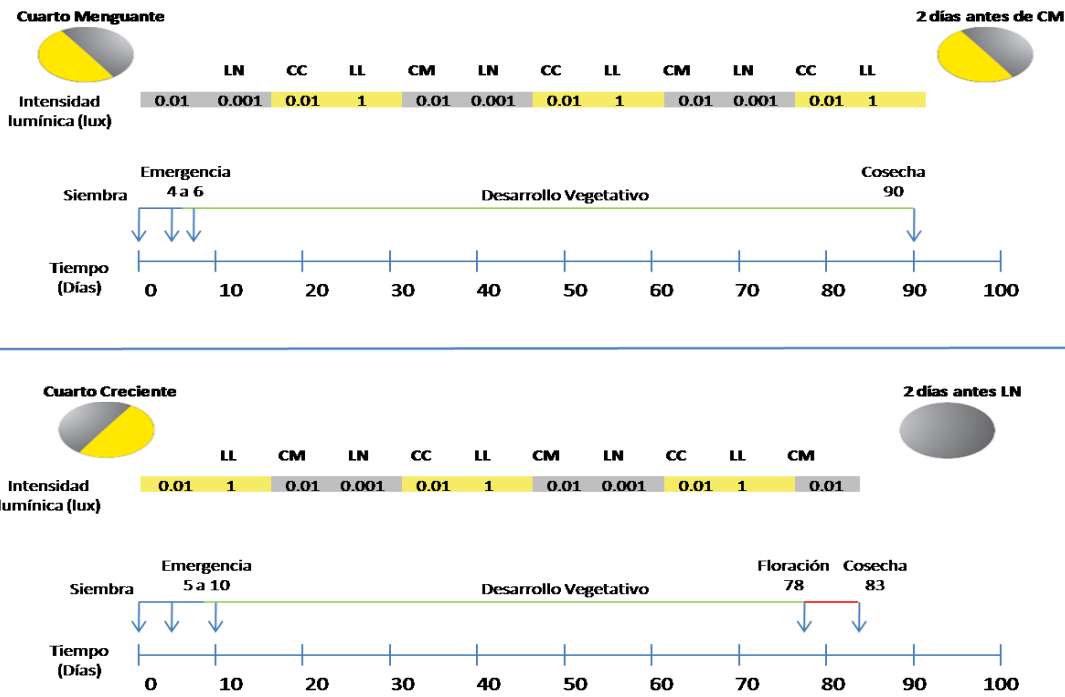


Figura 14. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del rábano en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

El tamaño de la raíz, presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las dos fases lunares. En CC, se obtuvieron los rábanos de mayor diámetro (3.7 cm), mayor longitud (6.4 cm) y mayor peso (26.9 gr) en relación a las sembradas en CM. Los incrementos representan ganancias de un 43.75% para el tamaño y de 62% para el peso (Cuadro 10). Estos incrementos pueden ser una respuesta directa con la acumulación de horas luz (938) y la luz reflejada por la luna en las plantas sembradas en la fase lunar CC, actuando de manera significativa en la fotomorfogénesis de la planta. Por lo que se recomienda sembrar el rábano durante la fase de CC, cuando este se ha destinado al autoconsumo o al mercado.

Por otro lado Azzi (1968) y Barreiro (2003), mencionan que esta hortaliza presenta mejores características cuando es sembrada en CM, debido a que en esta fase el desarrollo vegetativo se alarga, dando al agricultor una mayor oportunidad de mantener por más tiempo su cultivo y ofrecer al consumidor un producto de buena calidad, ya que si se siembra en la fase de CC el rábano tiende a florecer antes de tiempo, sin embargo los resultados de este trabajo

demuestran que si se puede sembrar el rábano en CC, ya que se presentó un mejor desarrollo y rendimiento, pero se tiene que considerar que se tiene que cosechar dos o tres semanas antes, para evitar la floración.

Cuadro 10. Longitud, diámetro y peso de raíz del rábano, para las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Fase lunar	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)	Peso de raíz (g)
CM	2.8 ± 0.5 b	3.3 ± 0.40 b	16.8 ± 7.3 b
CC	6.4 ± 2.3 a	3.7 ± 0.42 a	26.9 ± 11 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.3.3 Hortaliza de fruto

Chile jalapeño: Las plantas, no presentaron diferencias significativas en la altura (Fig. 17) en las dos fases lunares.

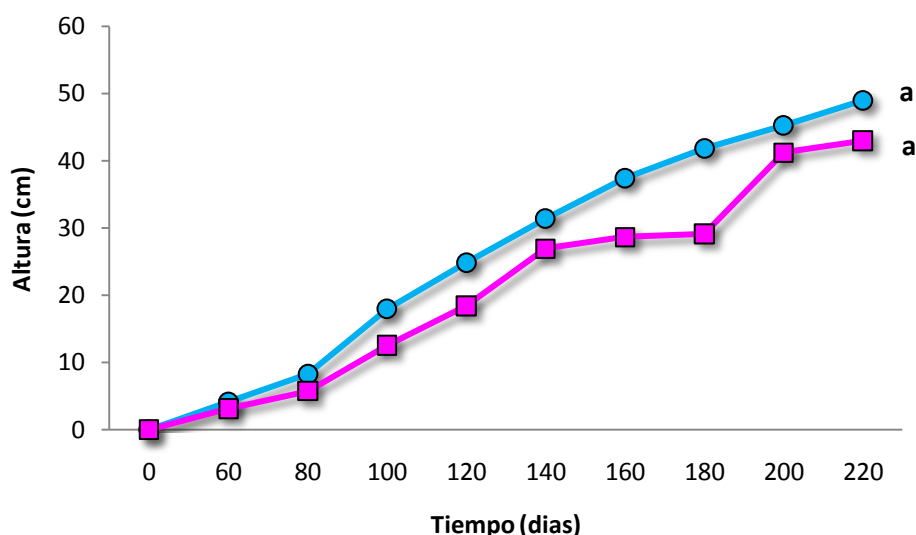


Figura 15. Altura del chile jalapeño desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

Únicamente se presentó una relación entre un mayor peso seco de frutos por área y la fase de CC (Cuadro 11), obteniendo un incremento de peso de 64.74% en relación a las plantas sembradas en la fase de CM. La acumulación de biomasa en los frutos está estrechamente relacionado con los asimilados, producidos por la fotosíntesis en los órganos “fuente” (principalmente las hojas), ya que pueden ser almacenados o distribuidos vía floema entre los diferentes órganos “sumideros” de una planta en este caso los frutos del chile (Peil y Galvez, 2005). Probablemente los resultados obtenidos en este trabajo, se debieron a que las plantas de chile en la fase de CC, produjeron un mayor número de frutos (142 chiles) que en la fase de CM (80 chiles) y generando así, mayor biomasa. Los frutos son los principales órganos sumideros de productos asimilados y, compiten fuertemente entre ellos y con órganos vegetativos por los asimilados disponibles (Marcelis, 1992).

Piel y Gálvez (2005) mencionan, que al fin del ciclo del cultivo en el peso acumulado de todos los frutos representa entre el 50 y 60 % del peso total acumulado por la planta. Por otra parte Jaimez (2000), menciona que la producción de biomasa se incrementa gradualmente en los frutos, mientras que disminuye en los tallos y hojas, por lo que esto coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, en donde no se presentaron diferencias en la biomasa foliar pero si en la biomasa del fruto. Sin embargo estos no se podría relacionar directamente con las fases lunares ya que estos asimilados se producen durante la fotosíntesis y la luz que refleja la luna es insuficiente para promover tal respuesta (Urbano, 1995).

Por otro lado, Bertero *et al.* (1999), reportan que el llenado de los granos en quinoa es sensible a altas temperaturas y días largos. Cuando ambas condiciones coinciden, el llenado se inhibe y el rendimiento se reduce drásticamente. En este trabajo, aunque para diferente especie, que es el chile, se encontró que las bajas temperaturas prevalecientes durante el período de estudio (21-27.1 °C) y el fotoperiodo largo (inducido por la fase lunar de cuarto creciente), pudieron haber provocado la mayor biomasa de los chiles. Aunque la literatura menciona que esta especie es neutral al fotoperíodo, es decir que florece de manera independiente.

Por otro lado, Restrepo (2005), menciona que las hortalizas que desarrollan flores y frutos aéreos, se deben sembrar en CC, debido a que en esta fase lunar el flujo de la savia empieza a ascender y se concentra en la parte superior de la planta (frutos), sin embargo esto no se puede asegurar en este trabajo, ya que no se evaluó el potencial hídrico de la plantas.

Cuadro 11. Atributos de desarrollo del chile jalapeño sembrados en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Fase	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Diámetro (cm)	Longitud (cm)
	Hoja	Raíz	FPA	Hoja	Raíz	FPA	Tallo	Raíz
CM	8,7 a	60,5 a	71,8 a	3,0 a	16,1 a	4,9 b	0,9 a	20,1 a
CC	11,3 a	54,4 a	132,9 a	3,3 a	12,8 a	13,9 a	0,9 a	22,9 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente; FPA: Frutos Promedio por Área.

6.4. Atributos de la calidad de la planta para las cuatro especies en relación a las fases lunares de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.

6.4.1 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

En las tasas de crecimiento relativo, solo presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el rábano y la lechuga en la fase de CM (Figs. 16 y 17), resultando ser las plantas que tienen un mayor incremento de altura por unidad de tiempo (Cuadro 12); sin embargo es importante mencionar que cuando estas especies se sembraron en la fase de CC se desarrollaron más rápidamente, alcanzando una mayor altura (14 cm) a los 40 días después de su siembra, resultando 5 cm más altas las plantas de rábano con respecto a las de CM (Fig. 14) y de 4.8 cm en el caso de la lechuga (Fig. 11).

Las plantas cultivadas en CC alcanzaron la altura máxima a los 15 días después de su siembra, mientras que las de CM la alcanzaron a los 30 días, lo cual implica una tasa de crecimiento relativo menor para las plantas en CC y mayor para las plantas en CM. Una vez que las plantas alcanzan su máximo

desarrollo y por lo tanto una altura mayor, las TCR disminuyen, llegando incluso a cero (Valle, 2010)

La lechuga y el rábano lograron alcanzar una mayor TCR, probablemente a la acumulación de más horas luz y a que estuvieron expuestas a un periodo de luminosidad más largo durante la fase de CC, promoviendo reacciones fotoquímicas en la morfogénesis de la planta, ya que la intensidad de la luz absorbida por las plantas es capaz de ser captada por pigmentos como el fitocromo, capaz de controlar la morfología de la planta independiente de la fotosíntesis (Urbano, 1995) y por lo tanto estimular un mayor desarrollo y la floración en especies de fotoperiodo largo como la lechuga y el rábano en la fase de CC (Urbano, 1995).

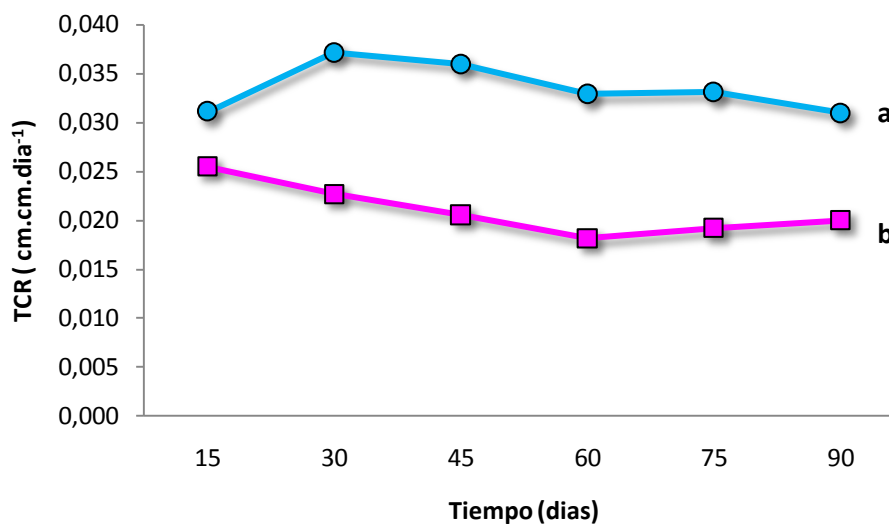


Figura 16. Tasa de crecimiento relativo de la lechuga en las fases de de Cuarto

Creciente —●— y Cuarto Menguante —■—.

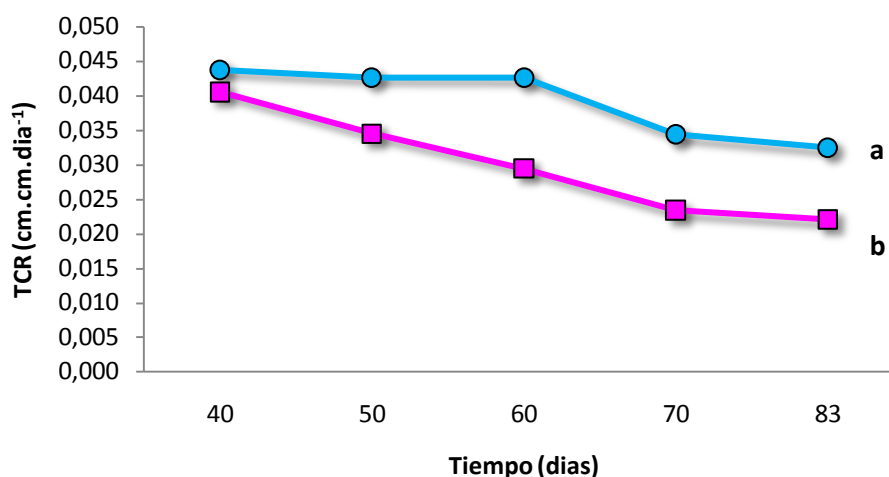


Figura 17. Tasa de crecimiento relativo del rábano en las fases de de Cuarto Creciente

—■— y Cuarto Menguante —●—.

Cuadro 12. Tasa de Crecimiento Relativo para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC).

ESPECIE	TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO cm.cm.dia ⁻¹	
	CM	CC
acelga	0.054 ± 0.010 a	0.051 ± 0.006 a
chile jalapeño	0.016 ± 0.002 a	0.016 ± 0.003 a
rábano	0.031 ± 0.004 a	0.023 ± 0.006 b
lechuga	0.028 ± 0.007 a	0.020 ± 0.002 b

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.4.2 Contenido de clorofila

Únicamente la acelga presentó una relación entre el incrementó de clorofila y la fase de CC (Cuadro 13). El contenido de clorofila en las plantas es importante, porque representa su potencialidad para captar la energía lumínica indispensable para realizar la fotosíntesis, así mismo, el contenido de clorofila puede ser un indicador directo del contenido de nitrógeno presente en las hojas (Marshner, 1986).

La diferencia positiva en el contenido de clorofila en acelga, probablemente se debió al espectro de la luz al que estuvieron expuestas las plantas por lo que se podría pensar que en la fase de CC. Fotorreceptores tales como el fitocromo actúan como un regulador en la síntesis de clorofila, sin embargo no hay una respuesta clara a tal tendencia, ya que en especies como el chile jalapeño, rábano y lechuga no presentaron diferencias en el contenido de clorofila para las distintas fases lunares, probablemente a que estas dos últimas se cosecharon en diferentes tiempos, debido su floración prematura.

Cuadro 13. Clorofila para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC).

ESPECIE	CLOROFILA SPAD	
	CM	CC
acelga	35.64 ± 2.02 b	42.76 ± 3.15 a
chile jalp.	41.3 ± 5.0 a	44.2 ± 5.44 a
rábano	20.68 ± 9.21 a	20.45 ± 4.77 a
lechuga	40.6 ± 6.34 a	41.91 ± 4.91 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.4.3 Índice de calidad de Dickson

El índice de Dickson, involucra el cociente morfológico (raíz-vástago), el cociente de esbeltez (altura-cobertura) y biomasa (aérea y radical), (Rodríguez, 2008), por lo que aquellas especies que presentan los mayores valores indican una mejor respuesta de las variables seleccionadas.

El índice de Dickson solo presentó diferencias significativas en relación a las dos fases lunares para la lechuga, el cual indicó un desarrollo óptimo y por lo tanto, una mejor calidad de planta en la fase de CC (Cuadro 14). Debido a que, la lechuga presentó diferencias significativas en todas las variables evaluadas (altura, cobertura y peso seco de toda la planta), al ser cultivada durante la fase de CC. Por lo que permite establecer una relación calidad de planta y la fase lunar CC.

Estos resultados muestran que las condiciones de luminosidad (días largos), agua (capacidad de campo) y nutrimentos (Cuadro 6) a las que estuvieron expuestas las lechugas, fueron óptimas para influir varios atributos morfológicos y fisiológicos para establecerse, crecer y desarrollarse.

El resto de las especies no presentaron diferencias significativas positivas ($p \geq 0.05$) en relación a este índice, posiblemente a que las variables morfológicas de la planta (hojas, raíz, flores y frutos) no permitieron establecer una relación con las fases lunares (Cuadro 14), principalmente a que estas especies a excepción del rábano, no son sensibles al fotoperíodo (Urbano, 1995).

Por lo que es necesario evaluar variables fisiológicas directas, que permiten establecer una relación con las fases lunares tales, como: el potencial hídrico como un indicador del transporte de la savia.

Cuadro 14. Índice de calidad de Dickson para las cuatro especies de la Asociación 1, en las fases de Cuarto Menguante (CM) y Cuarto Creciente (CC).

ESPECIE	INDICE DE CALIDAD DE DICKSON $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$	
	CM	CC
acelga	0.520 ± 0.309 a	0.442 ± 0.125 a
chile jalp.	3.047 ± 2.902 a	4.337 ± 3.227 a
rábano	0.976 ± 0.478 a	1.819 ± 1.648 a
lechuga	0.605 ± 0.252 b	1.766 ± 0.888 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.5. Variables de rendimiento para las cuatro especies en la fase de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.

6.5.1 Rendimiento

La especie que presentó el rendimiento más alto en la asociación 1, fue la acelga sembrada en ambas fases lunares (Cuadro 15). El alto rendimiento, se

debió a las ocho cosechas obtenidas durante el cultivo, ya que esta especie se caracteriza por ser altamente rentable (Flores, 2009), debido a que produce varias cosechas al año.

Por otro lado, la especie que presentó el rendimiento más bajo, en esta asociación fue el chile jalapeño en la fase de CM (Cuadro 15); sin embargo este resultado no mermó en la rentabilidad de la asociación en su conjunto.

Barreiro (2003) y Restrepo (2005), mencionan que las especies hortícolas que desarrollen hojas comestibles y que crezcan por debajo de la tierra al ser sembradas en la fase de CM, generarán un mejor rendimiento, en este trabajo, esto solo se cumplió para la acelga, ya que el cultivo de rábano y lechuga presentaron un mejor rendimiento en la fase de CC (Cuadro 15).

Por otra parte los mismos autores establecen que las hortalizas que producen frutos, al realizar la siembra en CC producirán un mayor rendimiento, en relación a los resultados de este trabajo, en la asociación 1, el chile jalapeño es la única hortaliza que desarrolla frutos y de acuerdo con Restrepo esta consigna se cumple (Cuadro 15).

El rendimiento de un cultivo está dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y, un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (Piel y Galvez, 2005). Sin embargo también hay que considerar que existen otros factores que pudieron determinar un mayor rendimiento, como son: principalmente, la acumulación de horas luz recibidas durante todo el cultivo, las labores culturales, la preparación del suelo, época de siembra, densidad y geometría de siembra, fertilización, cultivo bajo cubierta, etc.

Cuadro 15. Rendimiento Kg/m² para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	RENDIMIENTO Kg./m ²	
	CM	CC
acelga	21,072.42	16,567.70
chile jalapeño	0.82	0.133
rábano	2,368.50	3,165.75
lechuga	2,176.6	3,020.72
Total	25,621.34	22,754.3

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente.

6.5.2 Índice de cosecha

Los valores del índice de cosecha, no presentaron diferencias estadísticamente significativas para cada especie, en relación a las diferentes fases lunares (Cuadro 16). Sin embargo, hay diferencias en el porcentaje de biomasa comestible que pueden ser importantes para el productor. Por ejemplo, la acelga en CM presentó un 7.38% más que para CC, el chile jalapeño un 10% más en CC, el rábano un 7% en CC y, la lechuga un 4% en CM (Fig. 18).

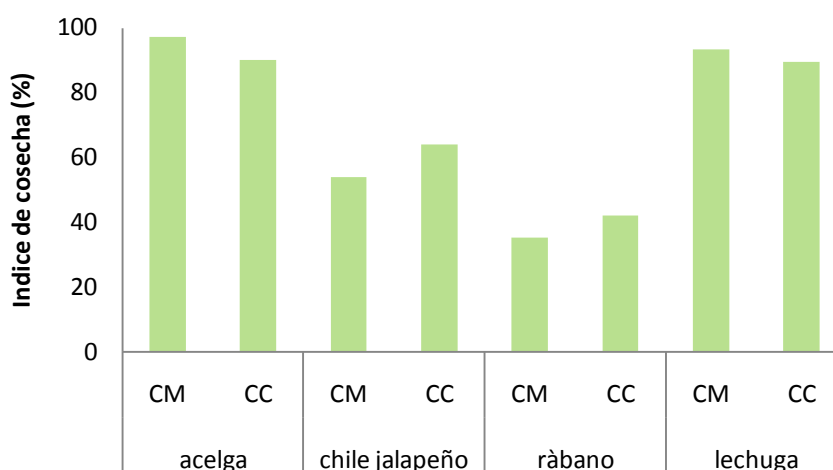


Figura 18. Porcentaje de índice de cosecha, para las cuatro especies, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Este índice representa una de las variables de mayor importancia ya que determina la cantidad de biomasa comestible producida por un cultivo, por lo que este indicador puede ser un auxiliar para la selección de mejores variedades que van a formar parte de una asociación. De acuerdo a Restrepo, un mayor índice de cosecha en CM, sugiere una relación entre la biomasa de la parte comestible de la hortaliza y la forma de su crecimiento, de aquí que el postule que las que crecen cerca de la superficie del suelo (hemicriptófitas) y por debajo de (geófitas) este presentaran los mejores resultados, por lo tanto el recomienda su siembra en esta fase lunar. Así mismo, las que presentan un mayor índice de cosecha en CC, también sugieren una relación entre la biomasa de la parte comestible de la hortaliza y la forma de su crecimiento, y el postula, que las hortalizas que crecen por encima de la superficie del suelo (caméfitas) y dan frutos como el chile, presentarán los mejores resultados, por lo que su siembra se recomienda en esta fase lunar.

Esto posiblemente está relacionado con la dinámica de la savia en CM y CC (Restrepo, 2005). Sin embargo estos postulados, en este trabajo, solo fueron identificados, para acelga y lechuga pero no para el rábano y en el caso de las que crecen por debajo del suelo (geófitas), y para el chile jalapeño para las que crecen por encima de éste (caméfitas). En este trabajo se recomienda realizar otro experimento con rábano para aseverar la tendencia, ya que hay que resaltar que las diferencias en el nivel estadístico no fueron significativas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Cosecha para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	INDICE DE COSECHA	
	%	
	CM	CC
acelga	97.38 ± 0.82 a	89.99 ± 21.71 a
chile jalapeño	54.13 ± 14.24 a	64.09 ± 9.82 a
rábano	35.23 ± 6.6 a	42.17 ± 14.9 a
lechuga	93.50 ± 1.34 a	89.46 ± 8.14 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente.

6.5.3 Análisis de rentabilidad: índice beneficio/costo

El cultivo de las especies que conformaron la asociación 1 resultó rentable de manera general en ambas fases lunares (Cuadro 17), ya que el valor del índice en todos los casos fue positivo. Como consecuencia de un mayor rendimiento en relación a un menor costo de producción. En lo particular, el análisis demostró que la acelga resultó el cultivo con mayor rentabilidad en ambas fases lunares, con una mejor respuesta en CM, lo cual está relacionado con su hábito de crecimiento y capacidad de regeneración del follaje. El rábano y la lechuga también son rentables, aunque el rábano ligeramente presentó valores más altos en CC y lechuga en CM, y el chile presentó un índice de cero lo que indica que no ofreció ni ganancias ni pérdidas para ninguna de las fases lunares. Como se observa el comportamiento para esta variable fue muy heterogéneo en lo particular para cada cultivo, lo cual no permitió concluir una tendencia clara entre el rendimiento y la fase lunar a excepción de la acelga. Sin embargo en general, los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que el sembrar en relación a las fases lunares el agricultor podría obtener mayores beneficios (rendimientos), en cuanto al rendimiento, de aquí se explica, el hecho de que las fases lunares siempre sean una herramienta que acompañen las diferentes actividades que realiza el agricultor.

Por otra parte, es importante resaltar que los cultivos orgánicos o ecológicos, son manejados con prácticas agroecológicas que no dañan los recursos suelo, agua y biodiversidad (externalidades), lo que finalmente también podría representar un beneficio adicional que incremente la rentabilidad de los cultivos; en cambio en la agricultura convencional, donde estos recursos son deteriorados por el uso de insumos químicos, la rentabilidad disminuye, ya que para que el suelo sea productivo, se requiere de una gran cantidad de fertilizantes químicos, lo cual es muy costoso desde el punto de vista económico y ambiental (Delacámara,2008).

Cuadro 17. Cosecha para las cuatro especies de la Asociación 1 en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	ANALISIS DE RENTABILIDAD	
	Beneficio/Costo	
	CM	CC
acelga	1	0.8
chile jalp.	0	0
rábano	0.1	0.2
lechuga	0.4	0.4
Total	1.5	1.4

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente. Si B/C, es mayor a 1 se acepta, si B/C, es igual a 1 es indiferente y si B/C, es menor a uno se rechaza.

Asociación 2: frijol-zanahoria-cilantro-ajo

6.6. Atributos del crecimiento

6.6.1 Hortaliza de fruto

Frijol: la altura no presentó diferencias estadísticas significativas positivas ($P \geq 0.05$), en relación a la fase lunar (Fig. 19); sin embargo es importante resaltar que entre tratamientos, se presentó una diferencia de altura de 1m en las plantas sembradas en CM, esto indica que las diferencias estadísticas no fueron significativas, probablemente por una falta de repeticiones.

Barreiro (2003) y Restrepo (2005), reportan que las hortalizas que producen frutos aéreos y flores para el consumo, crecen y se desarrollan mejor cuando son sembradas en la fase de CC, sin embargo, los resultados obtenidos no permiten tal aseveración, en el caso particular del frijol.

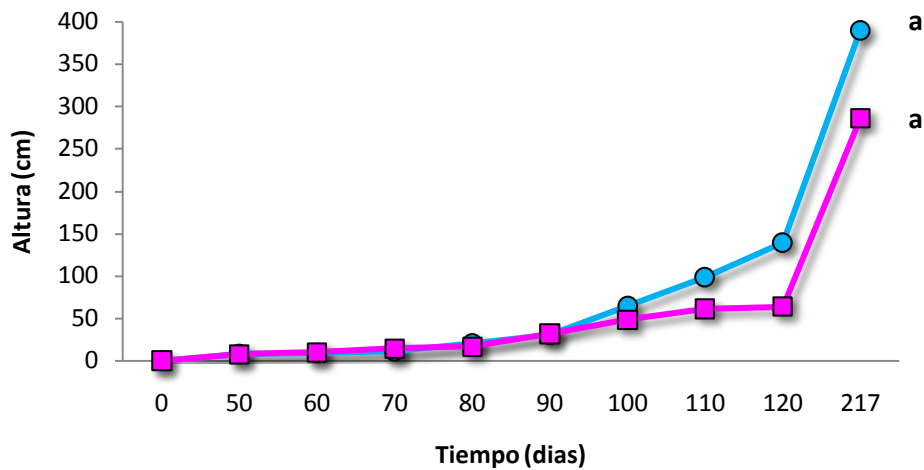


Figura 19. Altura del frijol desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

El número de legumbres y peso de los granos del cultivo de frijol, se calcularon con base al total producido por todas las plantas sembradas (44 plantas) en cada tratamiento, ya que el hábito de crecimiento indeterminado provocó que los tallos se enredaran y no permitieran evaluaciones por planta para realizar un análisis estadístico de los datos; sin embargo, se observó al pesar los granos de ambos tratamientos (fases lunares) que el número de legumbres y el peso de los granos fueron mayores en las plantas cuyas semillas se sembraron en CM (Cuadro 18). Como una respuesta a este comportamiento, se explica que el frijol es una planta de fotoperíodo corto (Cuadro 3) y que requiere de un período de oscuridad largo para florecer y que justamente en fase de CM, la cantidad de luz reflejada por la luna es de las más bajas.

Por otro lado, las plantas de frijol sembradas en CC, presentaron la floración más tardía (11 días después que en CM) y produjeron un menor número de vainas y semillas de menor peso, que las sembradas en CM (Fig. 20 y Cuadro 18). Esto pudo ser debido a que estas plantas durante su cultivo acumularon más horas luz y a que estuvieron más expuestas a la luminosidad reflejada por la luna, teniendo como consecuencia un efecto inhibitorio para su floración, ya que el período luminoso solar de acuerdo a Urbano (1995) se alarga con las fases de la luna llena y cuarto creciente. Bidwell (1979), por su parte, menciona que, la intensidad lumínica que puede interrumpir un periodo de oscuridad, no

necesita ser grande, para inducir la floración de plantas de día corto, y en este caso, la fase lunar de CC podría emitir la cantidad de luz necesaria, para prolongar por más tiempo la floración del frijol.

Por otro lado en la fase de CM, las plantas acumularon la misma cantidad de horas luz, pero probablemente durante los periodos de CM y LN que se presentaron (8 ciclos lunares), durante el todo el cultivo, pudieron hacer la diferencia y por lo tanto alargar por más tiempo el periodo de oscuridad e inducir así, la floración (Raven, *et al.*, 1992). Es por ello que posiblemente en las plantas cuyas semillas se sembraron en CM, se tiene el estímulo necesario para que estas emerjan en mayor proporción y produzcan un número mayor de flores, y como resultado más legumbres y semillas (Fig. 20 y Cuadro 18).

Cuadro 18. Número de legumbres y peso de los granos de frijol sembrados en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Fase	Numero de vainas	Peso de los granos (g)
CM	51	40
CC	13	19.6

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

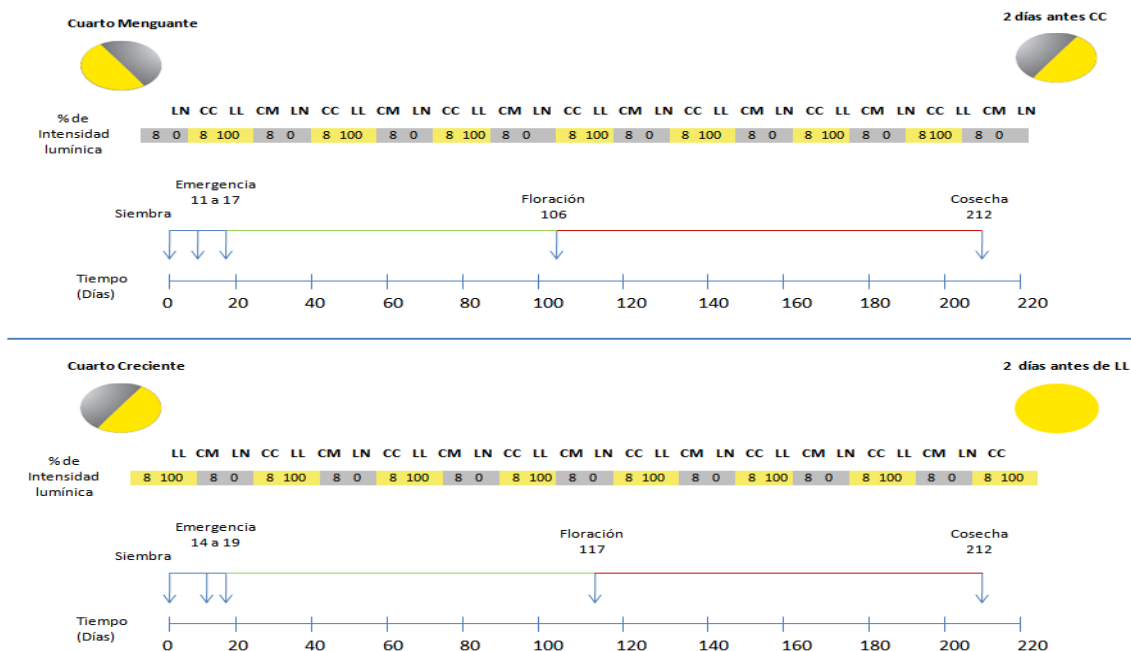


Figura 20. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del frijol en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

6.6.2 Hortaliza de raíz

Zanahoria: La altura del tallo o parte aérea, presentó diferencias estadísticas significativas positivas ($p \leq 0.05$), en las plantas sembradas en la fase de CM, con respecto a las de CC (Fig. 21). Sin embargo, esta mayor altura no presentó ventajas para las demás variables cuantificadas.

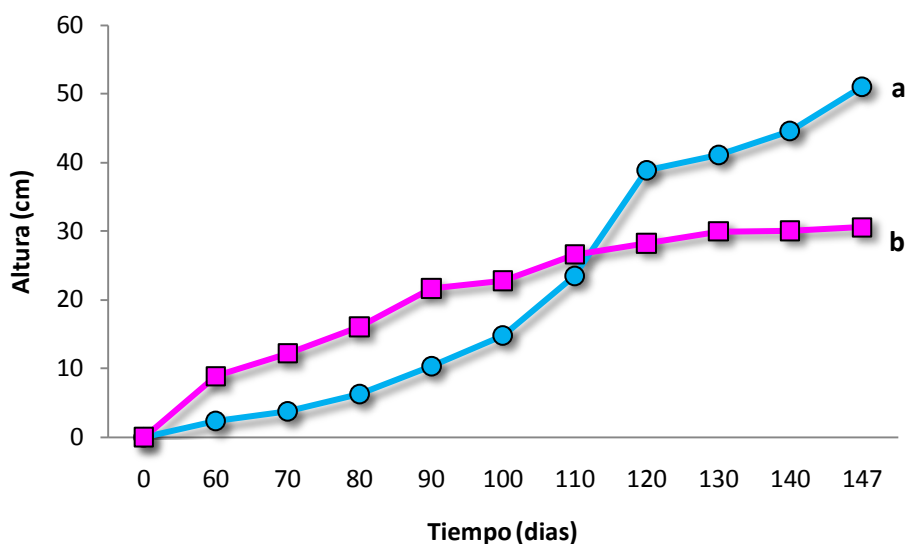


Figura 21. Altura del follaje de zanahoria desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

En cuanto a la longitud, diámetro, peso fresco y seco de la raíz, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) en las plantas cultivadas en los dos tratamientos (Cuadro 19), por lo tanto no se encontró una relación entre estas variables y las fases lunares, esto puede estar relacionado a que es una especie de día neutro, por lo que indiferente al fotoperíodo.

Barreiro (2003) y Restrepo (2005), mencionan que las hortalizas que se desarrollan por debajo de la superficie del suelo (geófitas) que son sembradas en CM darán los mejores resultados, sin embargo no es posible generalizar este hecho para todas las especies que presenten esta característica, un ejemplo lo es la zanahoria, la cual no presentó relación alguna, posiblemente

como una respuesta más su insensibilidad al fotoperiodo que al movimiento de la savia.

Cuadro 19. Atributos de desarrollo de la zanahoria sembrados en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Diámetro de raíz (cm)	Longitud de raíz (cm)
CM	50.81 ± 18.19 a	3.33 ± 1.23 a	2.79 ± 0.48 a	19.05 ± 3.42 a
CC	42.6 ± 17.57 a	3.51 ± 1.81 a	2.8 ± 0.44 a	20.84 ± 4.14 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

Las plantas sembradas en la fase de CM al desarrollar más follaje, con mayor biomasa en la parte aérea que las sembradas en la fase de CC, presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), en los pesos frescos y secos del follaje (Cuadro 20), lo cual podría ofrecer una ventaja para el agricultor, ya que el follaje de la zanahoria, también es de interés comercial ya que puede ser utilizado como forraje, para la crianza de pequeños mamíferos (conejos, cuyos o hámster); además, puede utilizarse con fines medicinales en humanos, debido a sus diferentes propiedades antisépticas y diuréticas (Pérez, 2010).

Cuadro 20. Peso fresco y seco del follaje de la zanahoria sembrada en la fase de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

	Peso fresco del follaje (g)	Peso seco del follaje (g)
CM	22.56 ± 11.02 a	3.11 ± 1.60 a
CC	11.74 ± 5.05 b	1.77 ± 0.69 b

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.6.3 Hortaliza de hoja

Cilantro: la altura presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la fase de CC con respecto a las de CM (Fig. 22), encontrándose una relación: altura y fase lunar CC. Las plantas cultivadas en esta fase, a lo largo de su cultivo siempre presentaron un mayor crecimiento, con respecto a las de CM (Fig. 22). La explicación de esto, gira en torno nuevamente a la sensibilidad de

la especie al fotoperiodo, ya que es una especie de día largo, al igual que la lechuga y el rábano, Probablemente esto pudo ser debido que la intensidad lumínica reflejada por la luna durante el periodo de CC-LL (0.01-1 lux) pudo hacer la diferencia ya que las plantas de cilantro sembradas en la fase de CC acumularon 1023 horas luz, mientras que las sembradas en la fase de CM acumularon 1211 horas luz, lo que representa una diferencia de 188 horas con respecto a las de CC.

Las horas luz acumuladas en la fase de CC y la intensidad lumínica reflejada por la luna, fueron suficientes para influir en el desarrollo fenológico del cilantro, es importante mencionar que las plantas sembradas en la fase de CC tuvieron un crecimiento acelerado, promoviendo una floración temprana de 24 días antes que en la fase de CM (Fig. 23), encontrándose una relación floración temprana y fase lunar CC, debido a su sensibilidad al fotoperiodo, al ser una especie de día largo (Cuadro 3) y que al sembrarla en esta fase lunar, la luz que se acumulo durante todo el periodo de cultivo fue capaz de actuar como un regulador en el fotoperiodo del cilantro induciendo finalmente su floración.

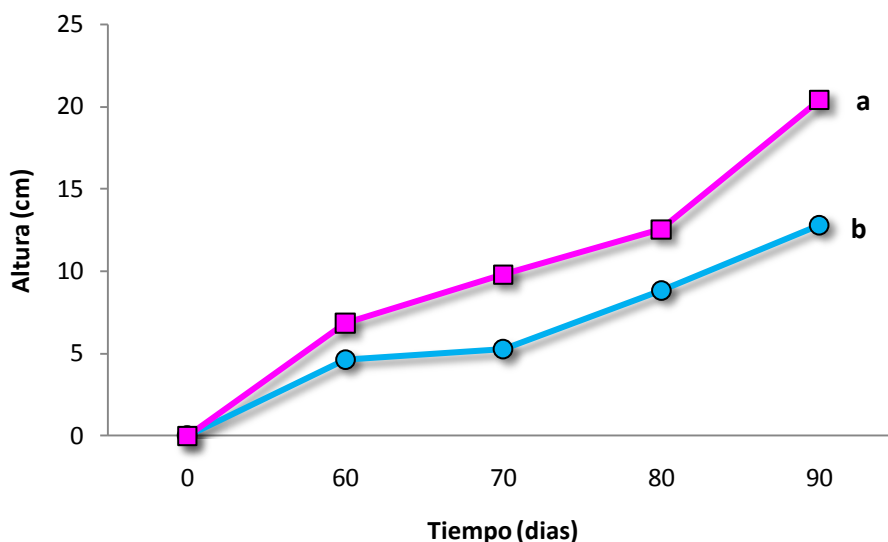


Figura 22. Altura del cilantro desde su siembra hasta su cosecha, en las fases de Cuarto Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

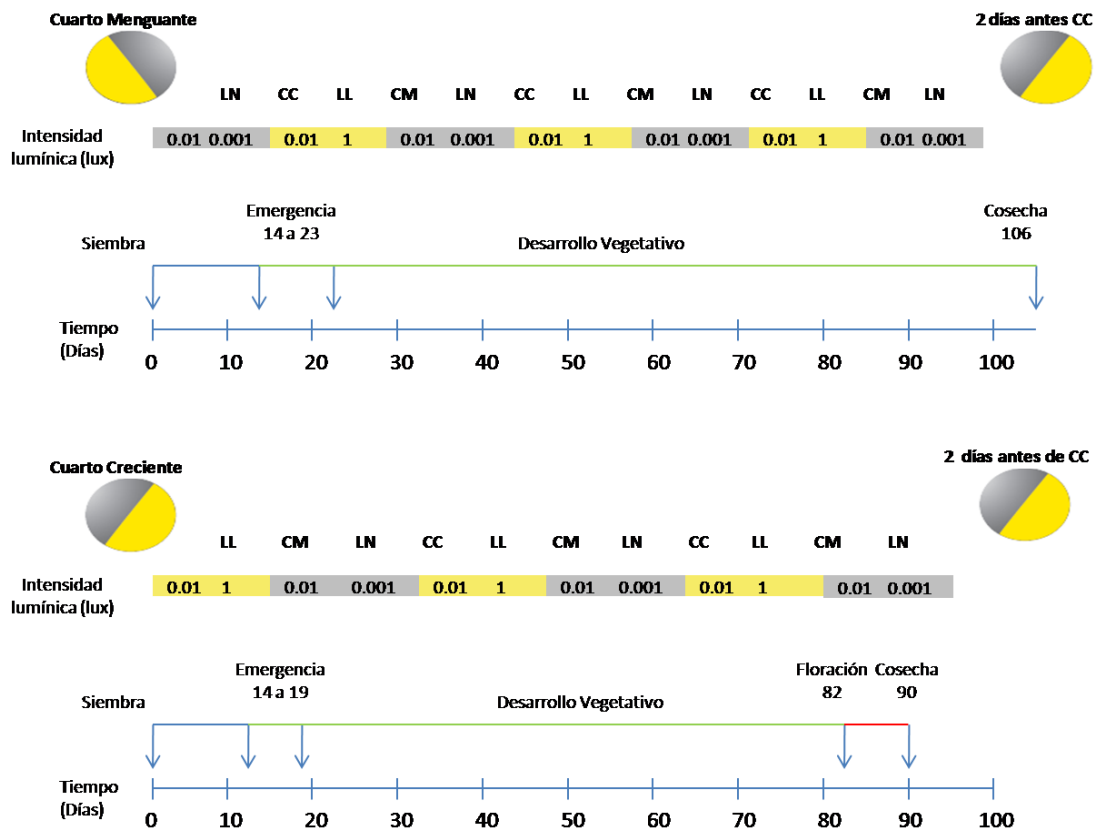


Figura 23. Duración de las etapas fenológicas del cultivo del cilantro en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

Por otro lado, el cultivo de cilantro no presentó diferencias significativas en peso seco y fresco, en las fases de CM y CC (Cuadro 21), estos resultados muestran que las plantas sembradas en la fase de CC que obtuvieron diferencias en altura con respecto a las de CM (Fig. 22), alcanzaron su altura máxima en un menor tiempo, generando un detenimiento del desarrollo vegetativo para iniciar su floración (Fig. 23), este resultado probablemente se debió a que una mayor parte de los asimilados fueron destinados en el proceso de la floración en las plantas sembradas en la fase de CC, representando así una disminución de biomasa en esta fase y así, marcar una no diferencia estadística (Cuadro 21).

Cuadro 21. Peso fresco y seco del cilantro sembrado en las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.

Fase	Peso fresco (g)	Peso fresco (g)
CM	14.77 ± 8.72 a	1.56 ± 0.95 a
CC	11.18 ± 6.21 a	1.54 ± 0.91 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.6.4 Hortaliza de bulbo

Ajo: después de 110 días después de la plantación, se presentaron síntomas de pudrición basal en los bulbos, y una marchitez prematura del área foliar y con esto en consecuencia la muerte total de las plantas (Fig. 24). Por tal motivo no se pudo evaluar ninguna variable para este cultivo. Esto mostró que esta especie, no es compatible en esta asociación, una causa pudo ser la humedad en el sustrato, la cual resultó excesiva para este cultivo, el cual al momento de la formación del bulbo requiere de muy poco agua (Terán, 1997).

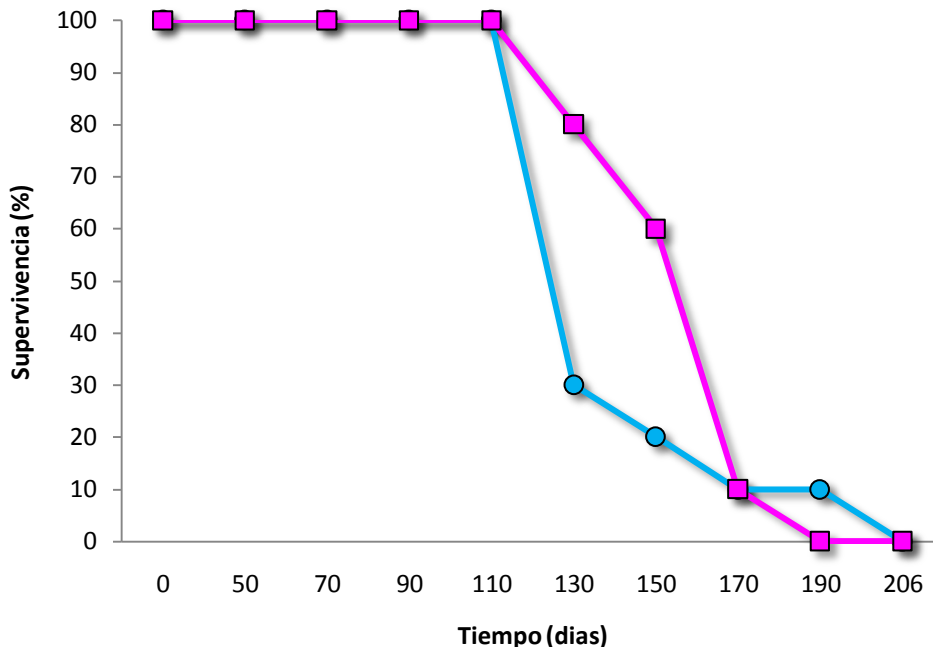


Figura 24. Porcentaje de supervivencia de las plantas de ajo sembrados en las fases

Cuarto Creciente ■ **y Cuarto Menguante** ●.

6.7. Atributos de la calidad de la planta para las cuatro especies de la asociación 2, en las dos fases lunares.

6.7.1 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

La TCR en la zanahoria fue mayor y estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en la fase de CM (Fig. 25 y Cuadro 22). En esta fase lunar, las plantas ganaron más altura a través del tiempo, con respecto a las sembradas en CC; sin embargo es importante mencionar que es difícil establecer una relación con las fases lunares para esta especie, ya que este resultado, corresponde a la altura del follaje y no de la raíz que es la parte de interés comercial de la planta.

Por otro lado, a pesar que el follaje de la zanahoria no es de interés comercial, es de relativa importancia desde el punto de vista medicinal así como un forraje importante para la crianza de animales menores, como se mencionó anteriormente.

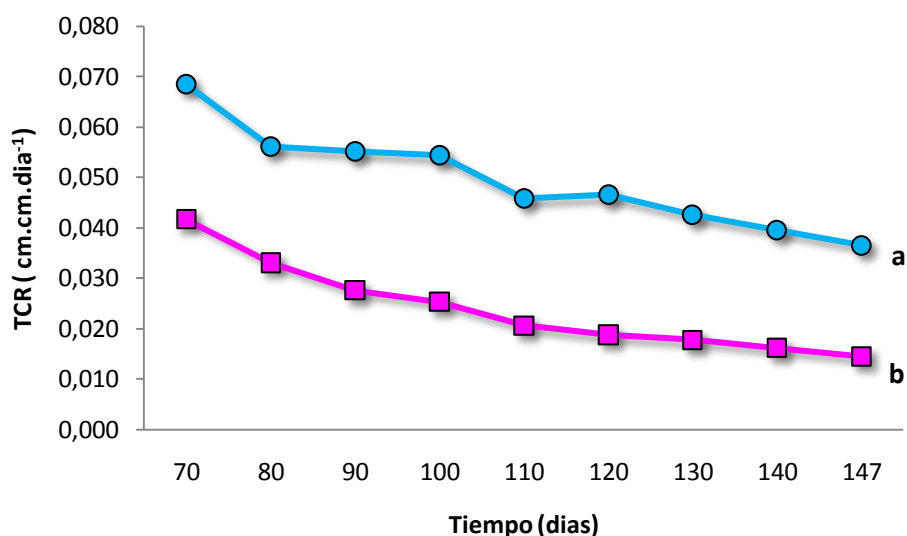


Figura 25. Tasa de crecimiento relativo de zanahoria en las fases de de Cuarto

Creciente —■— y Cuarto Menguante —●—.

En el cilantro la TCR, no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en las diferentes fases lunares (Cuadro 22); sin embargo los valores de TCR muestran que el desarrollo vegetal en las plantas de CM, fue más lento que las plantas de CC. Valle (2010), menciona que conforme la planta se desarrolla más rápido, su TCR disminuye hasta alcanzar su madurez (Fig. 26)

La TCR presentó valores altos en la fase de CC, a los 70 días debido al crecimiento acelerado, decreciendo hasta los 83 días, cuando inicia la floración (Figs. 25 y 28). En la fase de CM se inhibió la floración y se inhibió el desarrollo vegetativo, el cual fue más lento (Figura 23). Probablemente esto fue debido a su respuesta al fotoperiodo como especie de día largo, donde la acumulación de horas luz (1023 horas) que recibieron durante el día y a la intensidad lumínica reflejada por la luna en los periodos CM-LL fue suficiente para marcar la diferencia.

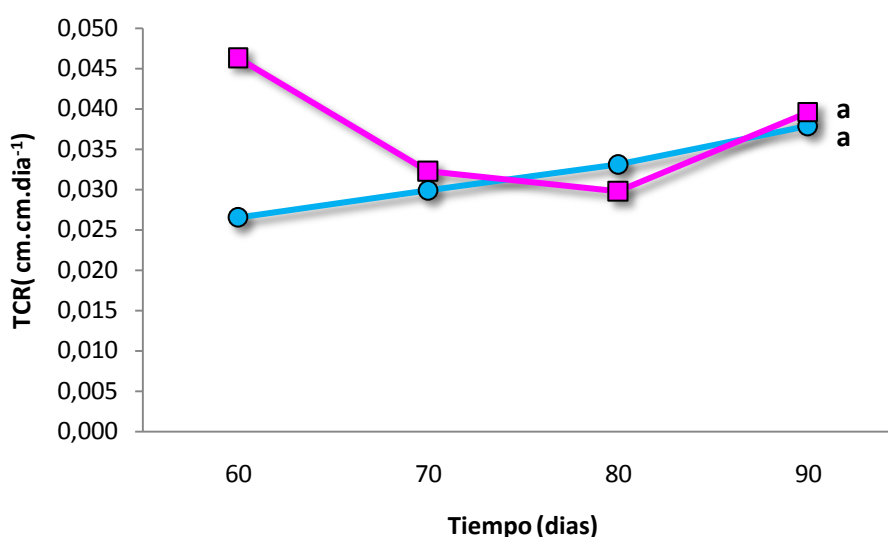


Figura 26. Tasa de crecimiento relativo de cilantro en las fases de de Cuarto Creciente

—■— y Cuarto Menguante —●—.

Cuadro 22. Tasa de Crecimiento Relativo para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO cm.cm.dia ⁻¹	
	CM	CC
frijol	NO	NO
zanahoria	0.037 ± 0.003 a	0.015 ± 0.002 b
cilantro	0.038 ± 0.014 a	0.040 ± 0.008 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente y NO: Datos no obtenidos.

6.7.2 Contenido de clorofila

El mayor contenido de clorofila se obtuvo en el frijol en la fase de CC, presentando diferencias estadísticas significativas positivas ($p \leq 0.05$) con respecto a la fase de CM (Cuadro 23). Esto se pudo deber a que en el momento de la medición de clorofila, el frijol en la fase de CM, se encontraba en la etapa de madurez (llenado de legumbres), mientras que en CC las plantas presentaban la floración, lo que concuerda con lo obtenido por Gutiérrez *et al.* (2004), donde señalan que los valores más altos de clorofila en el frijol se presentan en la etapa vegetativa y cerca de la madurez fisiológica, mientras que los valores más bajos corresponden a la etapa de floración y llenado de legumbres.

Por otra parte la zanahoria y el cilantro no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de clorofila en las diferentes fases lunares (Cuadro 23).

Cuadro 23. Clorofila para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	CLOROFILA	
	SPAD	
	CM	CC
frijol	39.9 ± 1.91 b	46.6 ± 1.71 a
zanahoria	13.8 ± 8.53 a	12.3 ± 3.68 a
cilantro	34.71 ± 3.63 a	33.0 ± 8.70 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente.

6.7.3 Índice de calidad de planta

La calidad de las plantas de la asociación 2, evaluada por el índice de Dickson, no detectó diferencias estadísticas significativas, para las plantas sembradas en CM y CC (Cuadro 24).

Cuadro 24. Índice de Calidad de Dickson para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	INDICE DE CALIDAD DE PLANTA DE DICKSON	
	CM	CC
frijol	NO	NO
zanahoria	2.404 ± 1.019 a	3.048 ± 1.939 a
cilantro	0.188 ± 0.203 a	0.264 ± 0.154 a

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente y NO: Datos no obtenidos.

6.8. Variables de rendimiento para las cuatro especies en la fase de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.

6.8.1 Rendimiento

El mayor rendimiento de las especies en asociación, se presentó en la fase de CM, con un total de 4.929 kg/m², lo cual representa un 25.5% más que el de la fase de CC.

La especie que presentó el rendimiento más alto fue la zanahoria sembrada en la fase de CM, de la cual se cosecharon 3.33 Kg/m², el cilantro produjo un rendimiento intermedio (1.185 Kg/m²) y el frijol presentó el rendimiento más bajo (0.40 Kg/m²) (Cuadro 25).

De acuerdo al conocimiento tradicional y a lo establecido por Barreiro (2003), que las plantas que se desarrollen por encima y debajo de la superficie darán los mejores resultados cuando estos sean sembrados en la fase de CM, en este trabajo y para esta asociación, los resultados obtenidos coinciden con esto para la zanahoria y el cilantro, donde se puede afirmar que en la fase de CM los rendimientos de estas hortalizas son mayores.

Por otro lado, comparando estos rendimientos con los de la agricultura convencional, se observa que el rendimiento que se obtuvo en zanahoria en CM, sobrepasa un 20 % al convencional, el cual es de 2.2 Kg en una área equivalente (m²) a la de este cultivo biointensivo, por otra parte, el rendimiento del cilantro se encuentra dentro del convencional; sin embargo para el frijol el rendimiento fue bajo (Martínez *et al.*, 1999).

Cuadro 25. Rendimiento Kg/m², para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	RENDIMIENTO Kg/m ²	
	CM	CC
frijol	0,4	0,19
zanahoria	3,339	2,686
cilantro	1,185	0,796

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.8.2 Índice de cosecha

Los valores del índice de cosecha, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para cada especie en las diferentes fases lunares, mostrando la relación del peso de la parte comestible entre el peso de toda la planta (Cuadro 26).

Este índice nos indica en el caso del frijol, que la proporción del peso de los granos, en relación al peso total de la planta, es baja en ambas fases lunares, debido a que esta especie se afectó por la época de siembra, causando rendimientos bajos y mostrando la mayor proporción de biomasa en su follaje, mientras que en la zanahoria, la mayor proporción del peso de las raíces se obtuvo cuando se sembró en CC, y en el cilantro la proporción del peso del follaje, se obtuvo cuando fue sembrada en CM, en relación al peso total de biomasa producida por la planta.

Este índice de cosecha como ya se mencionó en la asociación 1, representa uno de los principales indicadores para considerar la fase lunar en la que se recomienda la siembra de cada especie, ya que finalmente la parte comestible de cada hortaliza será la que se comercialice. Por lo tanto, la función fotosintética en cada especie en función de las horas luz acumuladas durante el cultivo, se verá reflejada en la distribución relativa de la biomasa total de las plantas, hacia las partes económicamente valoradas.

Cuadro 26. Índice de Cosecha, para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	INDICE DE COSECHA	
	%	
	CM	CC
frijol	0,49	0,4
zanahoria	69.75 ± 7.05 b	78.19 ± 3.53 a
cilantro	94.73 ± 1.72 a	90.53 ± 1.83 b

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.8.3 Análisis de rentabilidad

En esta asociación, de acuerdo a la relación beneficio-costo, ninguna de las especies resulta rentable (Cuadro 20) ya que el índice fue muy cercano a cero, lo que representa que no hay ganancias ni pérdidas. Es importante señalar que los costos se incrementaron demasiado por la mano de obra requerida para su producción (Apéndice I).

Un problema o limitante para esta asociación, fue que en los criterios de asociación, sólo se consideró la diferencia en familias botánicas así como la diferencia en requerimientos nutrimentales y que aunque se consideró la temporada de cultivo sobre todo para el frijol, para lo cual, se trató de de suplir mejores temperaturas con una estructura cubierta, esta no fue suficiente para su desarrollo, y en el caso del ajo, la pérdida total de su producción, indica que no soportó los requerimientos hídricos más altos de las demás especies con las que se asoció.

Cuadro 27. Análisis de Rentabilidad para las cuatro especies de la Asociación 2, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente.

ESPECIE	ANALISIS DE RENTABILIDAD	
	Beneficio/Costo	
	CM	CC
frijol	0	0
zanahoria	0.1	0.1
cilantro	0.3	0.2

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

6.8.4 Comparación general de los resultados obtenidos.

De manera general, en el cuadro 28, se presentan los resultados para todas las especies, mostrando una gran heterogeneidad, debido principalmente a la variabilidad intrínseca desde el punto de vista fisiológico que presentan las especies. Esto demuestra la necesidad de seguir investigando la relación de las fases lunares con el desarrollo y rendimiento de los cultivos agrícolas, ya

que cada una de ellas responde de manera muy particular al influjo lunar. Sin embargo es importante resaltar que este experimento aunque de carácter exploratorio, permitió identificar supuestos importantes en la literatura y que finalmente esto representa un avance importante para la ciencia.

Cuadro 28. Cuadro resumen de los tributos de crecimiento de las dos asociaciones, en las fases de Cuarto Menguante y Cuarto Creciente

Especie	Fase Lunar	Altura (cm)	Peso Fresco (g)			Peso Seco (g)			Diámetro (cm)		Longitud (cm)	Número hojas
			Hoja	raíz	fruto	hoja	raíz	fruto	tallo	raíz		
ASOCIACION:1												
ACELGA	CM	37.7 ± 7.65 a	131.79 ± 77.0 a	3.69 ± 2.29 a		4.55 ± 2.82 b	0.54 ± 0.30 a				16.19 ± 3.69 a	17.8 ± 7.44 a
	CC	39.3 ± 6.81 a	125.79 ± 58.9 a	4.09 ± 2.42 a		7.69 ± 3.60 a	0.45 ± 0.13 a				18.735 ± 3.97a	19.7 ± 4.52 a
CHILE	CM	49 ± 13.60 a	60.46 ± 63.96 a	8.7 ± 7.89 a	71.84 ± 50.35 a	16.0 ± 19.02 a	3.04 ± 3 a	4.88 ± 3.20 b	0.87 ± 0.32 a		20.11 ± 5.69 a	
	CC	42.9 ± 9.42 a	54.36 ± 43.44 a	11.3 ± 9.87 a	131.94 ± 89.91a	12.8 ± 10.44 a	3.28 ± 2.39 a	13.85 ± 9.0 a	0.9 ± 0.31 a		22.88 ± 5.40 a	
RABANO	CM	22.65 ± 3.39 b	30.58 ± 9.47 a	16.8 ± 7.3 b		2.77 ± 0.80 a	0.95 ± 0.40 a			3.3 ± 0.40 b	2.8 ± 0.5 b	
	CC	27.05 ± 5.33 a	47.15 ± 42.7 a	26.9 ± 11 a		3.72 ± 2.28 a	1.66 ± 1.43 a			3.7 ± 0.42 a	6.4 ± 2.3 a	
LECHUGA	CM	16.65 ± 2.32 b	109 ± 58.4 b	7 ± 2.9 b		5,1 ± 3.1 b	0,6 ± 0.2 b				15.55 ± 1.59 b	28 ± 6.27 b
	CC	22.05 ± 4.54 a	151 ± 104.5 a	12,2 ± 6.2 a		9,9 ± 5.3 a	1,7 ± 0.8 a				19.25 ± 4.83 a	35.7 ± 6.3 a
ASOCIACION 2												
FRIJOL	CM	390	8010		40	1010						
	CC	280	4020		19.6	510						
ZANAHORIA	CM	51 ± 7.63 a	22.56 ± 11,02 a	50.81 ± 18.2 a		3.33 ± 1.23 a	3.33 ± 1.2 a			2.79 ± 0.45 a	19.05 ± 3.42 a	
	CC	30.6 ± 4.4 b	11.75 ± 5,05 b	42.6 ± 17.6 a		3.51 ± 1.81 a	3.51 ± 1.8 a			2.8 ± 0.44 a	20.84 ± 4.14 a	
CILANTRO	CM	12.8 ± 3.38 b	14.77 ± 8.72 a	0.9 ± 0.69 a		1.56 ± 0.95 a	0.21 ± 0.25 a				19.9 ± 4.1 a	
	CC	20.4 ± 6.19 a	11.18 ± 6.21 a	1.16 ± 0.74 a		1.54 ± 0.91 a	0.28 ± 0.16 a				19.9 ± 5.01 a	

CM: Cuarto Menguante; CC: Cuarto Creciente

7. Conclusiones.

No se encontró una relación generalizada entre las fases lunares y el crecimiento y rendimiento para las ocho especies de hortalizas cultivadas en las dos asociaciones.

La relación más clara entre fases lunares- crecimiento- rendimiento, se identificó por la sensibilidad de las especies al fotoperiodo.

Las especies de día largo como la lechuga, rábano y cilantro, favorecieron su crecimiento y rendimiento, cuando fueron sembradas en CC, y las especies de día corto como el frijol, cuando se sembraron en CM.

Las especies de día neutro como zanahoria y chile jalapeño no presentaron relación directa con las fases lunares, para ninguna de las variables analizadas.

Las fases lunares presentaron un efecto en el tiempo de maduración en las especies de fotoperiodo largo. El cilantro, rábano y lechuga, presentaron una floración precoz cuando fueron sembradas en la fase de CC y un mejor desarrollo vegetativo cuando se sembraron en CM, encontrándose una relación con el postulado de Barreiro (2003) y Restrepo (2005).

La hipótesis, se cumplió parcialmente, ya que las especies como acelga, lechuga, cilantro (hem criptofitas) y rábano (geofita), que crecen al nivel y por debajo del suelo, y producen hojas y raíces comestibles, presentaron mejores resultados cuando se sembraron en CM, pero las especies que crecen por encima del suelo y producen frutos comestibles como el chile jalapeño y el frijol (camefitas) no presentaron los mejores resultados cuando se sembraron en CC como lo establecen Barreiro (2003) y Restrepo (2005).

En general, con los resultados obtenidos, aún es difícil determinar el efecto de las fases lunares en la fisiología de los cultivos hortícolas, sin embargo las tendencias encontradas representan un avance para establecer directrices de investigación.

8. Recomendaciones.

Es necesario realizar estudios separados por especie, y con un mayor número de repeticiones, que permitan identificar la influencia de la intensidad lumínica que refleja la luna en sus diferentes fases, en el fotoperiodo de las plantas.

Debido a los múltiples factores ambientales (tipo de suelo, temperatura, luz, humedad relativa) que están involucrados en el desarrollo vegetal, se recomienda trabajar experimentos sencillos, que permitan entender de manera directa el posible efecto lunar.

Se recomienda evaluar el potencial hídrico de las especies bajo el influjo lunar, como una medida del movimiento de la savia y así poder asociar la traslocación de nutrimentos con un mejor desarrollo.

9. Referencias.

- Acosta-Torales A. y Jaramillo, M. 2001. Crecimiento de la papaya (*Carica papaya*) en las diferentes fases de la luna en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad Earth, Guácimo, Costa Rica. 68 p.
- Alcazar, O. J. 2010. Manual Básico “Producción de Hortalizas”, México. 30 p.
- Alonso, J., Febles, G., Ruiz, T. y Gutirrez, J. 2002. Efecto de la fase lunar en el establecimiento de piñon florido (*Gliricidia sepium*) como cerca viva. Revista cubana de ciencia agrícola 36:187-191.
- Anguiano, J. 1992. Evaluación experimental y registro del conocimiento empírico sobre la influencia de las fases lunares en maíz (*Zea Mays L.*). Tesis de licenciatura, UACH, México. 143 p.
- Azzi, G. 1968. Efectos de la luna sobre el crecimiento y desarrollo de cebolla (*allium cepa*) En: ecología agrícola. Instituto del libro de la habana. 138 - 142.
- Bertero, H. D., R. W. King, and A.J. Hall. 1999 a. Modelling photoperiod and temperature responses in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Field Crops Res. (in press).
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. AVG Editor. 1ª ed. México. 784 p.
- Carrillo, D. y Criollo, M. 2005. Efecto del ciclo lunar en el crecimiento y desarrollo de cinco variedades comerciales de fréjol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en Mira-Carchi. Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. 137 p.
- Cruz, M. 1997. La pudrición distal del fruto de jitomate. Tierra adentro 16: 22-25 p.
- Cuevas, R. R. A. 1995. Calidad de planta. En: Viveros Forestales. Revista INIFAP Publicación Especial No. 3: 108-118 p. Coyoacán, D.F. México, 179 p.
- De Grazia, J., Tiftonell, P. y Chiesa, A. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Investigación agraria producción y protección vegetales. 16:356-365.
- Delacámara, G. 2008. Guía para decisores. Análisis económico de externalidades ambientales. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile. 82 p.

Flores, J. 2009. Agricultura Ecológica. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Flores, L., Meléndez, F., Luna, G. y González E. 2012. Influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz (*zea mays var. NB6*). Revista Ciencia e Interculturalidad 10:132-148.

Gliessman, S. R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. 359 p.

González-Jácome, A. 2007. Agrosistemas Mexicanos: pasado y presente. *Itinerarios* 6: 18-26 p.

Gutiérrez, M., Escalante, J., Rodríguez, M. y Reynolds, M. 2004. Índices de reflectancia y rendimiento del frijol con aplicaciones de nitrógeno. Terra Latinoamericana 22:409-416 p.

Jaimez, R. E. 2000. Crecimiento y distribución de la materia seca en ají dulce bajo condiciones de déficit de agua. Agronomía Tropical 50: 189-200.

Jeavons, J. 2002. Cultivo Biointensivo de alimentos. 7ª ed. Ecology Action of the Mid-Peninsula. Estados Unidos. 261 p.

Harmann H. T., Kester D. E., Davies, F.T. Jr. y Geneve R.L. 2000. Plant propagation: principles and practices, 7 Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 800 p.

Higuera-Moros, A., Camacho, M. y Guerra, J. 2002. Efecto de las fases lunares sobre la incidencia de insectos y componentes del rendimiento en el cultivo de frijol. Revista UDO Agrícola 2: 54-63 p.

Kemelmajer, Y. y De luca, L. 2009. El saber tradicional en la Agricultura Urbana: influencia de las fases lunares en la producción de especies hortícolas. Revista Brasileira de Agroecología 4:1076-1980 p.

Lampink, N. 1998. Agricultura Ecológica. Mundi-prensa, México. 726 p.

Leopold, A. C. y Kriedemann, P. E. 1975. *Plant growth and development*. McGraw-Hill Inc., New York. 545 p.

Loor, E. 2011. Influencia de las fases lunares en la propagación de las plantas de guanábana (*Annona muricata* L.) por método asexual. Tesis licenciatura. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Marcelis, L. F. M. 1992. The dynamic of growth and dry matter distribution in cucumber. Annual of botany 69:487-492.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of higher plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. 543 p.

Martínez, C., Romero, R., Corlay, L., Trinidad, A. y Ramírez, L. 1999. Simposium Internacional y Reunión Nacional Lombricultura y abonos orgánicos, México, D.F. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados.

Mendoza, M. 2012. Efecto del fotoperiodo sobre la duración de la fase vegetativa en tres accesiones chilenas de quínoa (*Chenopodium quinoa willd.*). Tesis de licenciatura. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 40 p

Olmedo, A. 2009. Influencia de las fases lunares, (menguante y luna llena) sobre la propagación vegetativa del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) para la formación de un banco de proteína. Tesis licenciatura, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. 116 p.

Parker, R. 2000. La ciencia de las plantas. PARANINFO. Thomson Learning. España. 628 p.

Peil, R. M. y Galvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Revista brasileira de Agrociencia 11:5-11p.

Powers, L. E. y McSorley, R. 2000. Principios ecológicos en Agricultura. A.pozuelo (traductor). PARANINFO, Thompson Learning, España. 429 p.

Ramírez-Vallejo, P. y Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.

Raven, P. H., Evert, R. F. y Eichhorn, S.E. 1992. Biología de las plantas. Editorial Reverte S. A. Barcelona. 772 p.

Restrepo, R, J. 2005. La Luna. El sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura. SIMAS. Managua, Nicaragua. 214 p.

Rival J. 2000. Análisis de sustentabilidad de la producción hortícola bajo un sistema de manejo orgánico durante cinco años en Texcoco, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo Texcoco, México. 123 p.

Rodríguez, D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D.F. 156 p.

Rossi, G. C. 1997. El influjo de la luna en los cultivos. Editorial De Vecchi, S.A. Barcelona. 127 p.

Ruíz, T.J. 1996. Evaluación de Proyectos Agropecuarios. Durango: Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH, México. 152 p.

Sadzawka, A. 1998. Qué es el pH del suelo. Tierra adentro 23: 47-50.

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1992. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, México, D.F.

Schneider, K., Rosales, R., Ibarra, F., Cázares, B., Acosta, J. A., Ramírez, P., Wassimi, N. and Kelly, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37:43–50 p.

Steiner, R. 1988. Curso sobre agricultura biológico-dinámica. Editorial Rudolf Steiner, Madrid. 33 p.

Terán, O. Q. 1997. El cultivo del ajo. Centro de información para el desarrollo (CID).

Thun, M. y Matthias, K. 2001. Calendario de la agricultura biodinámica. Editorial Rudolf Steiner.

Troncoso, A., Montaña, J. y Cantos, M. 1988. Influencia del fotoperiodo sobre el crecimiento y la composición mineral de plantas jóvenes de olivo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSID. 19:63-67 p.

Urbano, P. T. 1995. Tratado de Fitotecnia General. Mundi-Prensa, Madrid. 895 p.

Valle, J. 2010. Acumulación de Biomasa, Crecimiento y Extracción Nutrimental en Pimiento Morrón (*capsicum annum* L.). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura, UACH, México. 106 p.

Referencias electrónicas

Alvarenga, S. 1996. ¿Qué influencia tienen las fases de la luna sobre las plantas y los animales?. Artículo consultado en:
<<http://www.cientec.or.cr/productos/calendario.html#silvana>>.
(Última actualización el 30 de diciembre 2010).

Arce, J. 1997. La luna y la agricultura. Artículo consultado en:
<<http://www.cientec.or.cr/productos/calendario.html#silvana>>.
(Última actualización el 30 de diciembre 2010).

Barreiro, F. 2003. La luna y la agricultura. Instituto Agronómico Nacional, IAN. Caacupe, Paraguay.
<<http://www.ini.unipi.it/stevia/suplemento/RUR23008.htm>>. (Consultado el 2 de noviembre 2010).

Mederos, L. Las Mareas. Pagina consultada en:
http://www.rodamedia.com/navastro/mareas/mareas_LMederos.pdf
(Consultado en: Febrero de 2013).

Observatorio Astronómico, Universidad de los Andes. Pagina consultada en:
<http://observatorio.uniandes.edu.co/espectros_est2.htm>. (Consultado el 20 de noviembre 2012).

Pérez, A. 2010. Verduras verdes y hojas comestibles. Pagina consultada en:
<<http://agnesmacrobiotica.blogspot.mx/2010/12/verduras-verdes-y-hojas-comestibles.html>>. (Consultado el 20 de noviembre 2012).

Apéndice I

Especie	Costo de mano de obra \$		Costo del material \$	Costo total de producción \$		Beneficios \$		Índice Beneficio/Costo	
	CM	CC		CM	CC	CM	CC	CM	CC
Asociación 1									
Acelga	562.5	562.5	130	692.5	692.5	709.73	552.26	1.02	0.80
Chile Jalapeño	1642.5	1642.5	130	1772.5	1772.5	17.24	31.91	0.01	0.02
Rábano	630	675	130	760	805	38.52	139.82	0.05	0.17
Lechuga	675	720	130	805	850	360	360	0.45	0.42
Asociación 2									
Frijol	1620	1620	130	1750	1750	1.6	0.78	0.00	0.00
Zanahoria	1102.5	1102.5	130	1232.5	1232.5	93.48	75.22	0.08	0.06
Cilantro	675	787.5	130	805	917.5	249.09	170	0.31	0.19

Nota: Los costos de mano de obra se calcularon considerando las horas dedicadas a cada especie, considerando el salario mínimo. Los beneficios se obtuvieron solamente de la venta de las hortalizas.