



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA,
INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN SUELOS



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**DESARROLLO RADICULAR, RENDIMIENTO, EVALUACIÓN
FINANCIERA Y PRODUCTIVA DE AGUACATE FERTILIZADO
CON ABONOS ORGÁNICOS**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta:

José Luis Campos Mariscal

Bajo la supervisión de: Dr. Ranferi Maldonado Torres.



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
SECRETARÍA DE SERVICIOS ESCOLARES
FICHA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, Junio de 2016

**DESARROLLO RADICULAR, RENDIMIENTO, EVALUACIÓN
FINANCIERA Y PRODUCTIVA DE AGUACATE FERTILIZADO CON
ABONOS ORGÁNICOS**

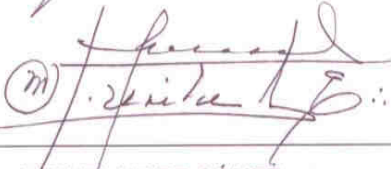
Tesis realizada por José Luis Campos Mariscal bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR:


Dr. RANFERI MALDONADO TORRES

ASESOR:


Dr. MIGUEL URIBE GÓMEZ

ASESOR:


Dr. DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO

ASESOR:


Dr. EDMUNDO ARTURO PÉREZ GODÍNEZ

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
AGRADECIMIENTOS.....	xi
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xii
RESUMEN GENERAL.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Cultivo de Aguacate.....	4
2.1.1 Mercado del aguacate mexicano.....	4
2.1.2 Producción de aguacate en México y Puebla	5
2.1.3 Fertilización de aguacate	6
2.1.4 Diagnóstico nutrimental en aguacatero	7
2.1.5 Muestreo de suelos.....	7
2.1.6 Requerimientos nutrimentales.....	8
2.1.7 Condición nutrimental foliar.....	8
2.1.8 Metodología de índices de balance Kenworthy.....	9
2.1.9 Abonos orgánicos.....	9
2.1.10 Lixiviado de humus de lombriz	10
2.1.11 Composta.....	10
2.1.12 Desarrollo radicular de aguacate.....	11
2.2 Sistemas agroforestales de aguacate.....	12
2.2.1 Análisis financiero de sistemas agroforestales.....	13
2.2.2 Relación Beneficio Costo (B/C).....	14
2.2.3 Valor Actual Neto (VAN).....	14
2.2.4 Uso Equivalente de la Tierra (UET).....	14

III. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y DESARROLLO RADICULAR SUPERFICIAL EN AGUACATE.....	17
3.1 INTRODUCCIÓN	19
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.2.1 Localización	21
3.2.2 Muestreo de suelo.....	21
3.2.3 Análisis de suelos.....	22
3.2.4 Muestreo foliar	22
3.2.5 Análisis de nutrimentos de muestreo foliar.....	22
3.2.6 Dosis y fuentes fertilización	23
3.2.7 Elaboración de abonos orgánicos	24
3.2.8 Diseño de tratamientos	25
3.2.9 Diseño experimental.....	26
3.2.10 Variables a evaluar.....	26
Evaluación final de la condición nutrimental del suelo.....	26
Evaluación de desarrollo radicular superficial.....	26
Evaluación de rendimiento de aguacate.....	27
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.3.1 Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar al inicio del sistema productivo.....	27
3.3.2 Dosis de fertilización propuesta	29
3.3.3 Análisis y comparación de tratamientos de fertilización de aguacate	31
Desarrollo Radicular Superficial	31
Rendimiento de aguacate.....	33
Correlaciones de parámetros nutrimentales con medias de rendimiento y desarrollo radicular superficial.....	35

3.4 CONCLUSIONES	39
IV. EVALUACIÓN FINANCIERA Y PRODUCTIVA DE UNA PROPUESTA DE SISTEMA AGROSILVÍCOLA DE AGUACATE CON CULTIVO DE ALFALFA EN CALLEJONES.....	41
4.1 INTRODUCCIÓN	43
4.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
4.3.1 Diagnóstico de sistema de producción.....	45
4.3.2 Propuesta de sistema agrosilvícola de aguacate con cultivo de alfalfa en callejones.....	45
4.3.3 Relación Beneficio Costo (B/C) y Valor Actual Neto (VAN).....	47
4.3.4 Uso Equivalente de la Tierra (UET).....	47
4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.4.1 Diagnóstico del sistema de producción de aguacate en monocultivo	48
4.4.2 Análisis de costos de producción de monocultivo de alfalfa.....	51
4.4.3 Análisis de costos de producción de sistema agrosilvícola propuesto	54
Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional de aguacate.	54
Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate	57
4.4.4 Comparación de indicadores financieros de sistemas productivos.....	59
4.4.5 Comparación de productividad a través del uso equivalente de la tierra (UET)	61
4.5 CONCLUSIONES	61
V. LITERATURA CITADA	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Intervalos de concentración nutrimental óptimos para aguacatero cv. Hass.	9
Cuadro 2. Tratamientos.	25
Cuadro 3. Croquis de ubicación de tratamientos.	25
Cuadro 4. Composición mineral del follaje de aguacate cv. Hass.	28
Cuadro 5. Valores de nutrimentos a fertilizar con base en análisis de suelo.	29
Cuadro 6. Composición de fuentes de fertilización propuestas.	30
Cuadro 7. Dosis de fertilización propuesta para tratamientos de balance nutrimental.	31
Cuadro 8. Dosis de fertilización propuesta por tratamientos.	31
Cuadro 9. Estadísticos descriptivos para desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.	32
Cuadro 10. Análisis de varianza de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.	32
Cuadro 11. Prueba de Tukey para desarrollo radicular superficial.	33
Cuadro 12. Estadísticos descriptivos de análisis de varianza de rendimiento de aguacate.	34
Cuadro 13. ANOVA de rendimiento de aguacate cv. Hass.	34
Cuadro 14. Subconjuntos homogéneos de rendimiento de aguacate cv. Hass con prueba de Tukey.	35
Cuadro 15. Correlaciones concentración nutrimental-rendimiento.	36
Cuadro 16. Correlaciones concentración nutrimental-desarrollo radicular superficial.	37
Cuadro 17. Productos para el control de plagas de aguacate empleadas en el sistema de aguacate convencional.	48
Cuadro 18. Productos para el control de enfermedades de aguacate empleadas en el sistema de aguacate convencional.	48
Cuadro 19. Costos de producción anual de aguacate convencional al año seis de producción.	50
Cuadro 20. Depreciaciones de activos fijos del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional al año seis de producción.	50

Cuadro 21. Parámetros productivos del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional en el año seis de producción.....	51
Cuadro 22. Indicadores financieros del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional en el año seis de producción.....	51
Cuadro 23. Costos de producción de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.	52
Cuadro 24. Depreciaciones y amortizaciones de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.....	52
Cuadro 25. Costos de producción resumidos de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.....	53
Cuadro 26. Parámetros productivos para monocultivo de alfalfa en el año dos de producción.....	53
Cuadro 27. Indicadores financieros de monocultivo de alfalfa.....	53
Cuadro 28. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo de callejones con fertilización convencional al año seis de producción.	54
Cuadro 29. Depreciaciones y amortizaciones de activos del sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.	55
Cuadro 30. Parámetros productivos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.	56
Cuadro 31. Indicadores financieros de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.	56
Cuadro 32. Costos totales de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.....	57
Cuadro 33. Depreciaciones de activos fijos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.	58

Cuadro 34. Parámetros productivos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.	58
Cuadro 35. Indicadores financieros del sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.	59
Cuadro 36. Comparación de indicadores financieros en sistemas productivos.....	59
Cuadro 37. Comparación de mano de obra utilizada por sistema productivo.	60
Cuadro 38. Uso Equivalente de la Tierra (UET).....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestreo de suelo inicial.	21
Figura 2. Proceso de obtención de productos orgánicos mediante la descomposición de residuos orgánicos para su posterior aplicación.....	24
Figura 3. Carta de balance nutrimental del análisis inicial del suelo.	27
Figura 4. Carta de balance nutrimental foliar inicial del cultivo de aguacate.	28
Figura 5. Gráfica de correlación entre rendimiento y desarrollo radicular....	36
Figura 6. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de B en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.....	38
Figura 7. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de Cu^{+2} en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.....	38
Figura 8. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de Zn^{+2} en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de composta.....	66
Anexo 2. Aplicación de mezcla de fertilizantes químicos.....	66
Anexo 3. Toma de datos de rendimiento.	67
Anexo 4. Toma de muestras de raíces superficiales.	67
Anexo 5. Sistema agroforestal Aguacate-Alfalfa implementado por el productor Erick Tufiño en otro predio.....	68
Anexo 6. Gráfica de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.	69
Anexo 7. Gráfica de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.	69
Anexo 8. Correlaciones de Pearson para rendimiento, desarrollo radicular y concentraciones nutrimentales en suelo.....	70
Anexo 9. Costos de producción anual de aguacate convencional al año seis de producción.	71
Anexo 10. Costos de producción de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.	73
Anexo 11. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional de aguacate.....	74
Anexo 12. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate.	76

AGRADECIMIENTOS

Al productor Erick Tufiño por su apoyo y disposición para la realización de la investigación en su huerta de aguacate.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo financiero en el transcurso de mis estudios de maestría.

Al Ing. Nepthali Lira Acatitla por su apoyo en el contacto con productores de la región y en diversos aspectos de la investigación.

A la empresa Nutreplantas S.A. de C.V. por su apoyo para la realización de los análisis de suelo, foliares y de los abonos orgánicos utilizados en el estudio.

A mis compañeros de maestría por las enseñanzas aprendidas a través de las experiencias que tuvimos en el transcurso de este proceso.

A mis asesores Dr. Ranferi Maldonado Torres, Dr. Miguel Uribe Gómez, Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo y Dr. Edmundo Arturo Pérez Godínez por sus palabras de aliento y apoyo incondicional para la dirección de tesis y culminación de este proceso.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	José Luis Campos Mariscal
--------	---------------------------

Fecha de nacimiento	10 de julio de 1986
---------------------	---------------------

Lugar de nacimiento	Distrito Federal
---------------------	------------------

CURP	CAML860710L34
------	---------------

Profesión	Ingeniero en Agroecología
-----------	---------------------------

Desarrollo académico

Bachillerato	Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
--------------	--

Licenciatura	Universidad Autónoma Chapingo
--------------	-------------------------------

Maestría	Posgrado en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo
----------	---

RESUMEN GENERAL

DESARROLLO RADICULAR, RENDIMIENTO, EVALUACIÓN FINANCIERA Y PRODUCTIVA DE AGUACATE FERTILIZADO CON ABONOS ORGÁNICOS

El objetivo del estudio fue evaluar la aplicación de abonos orgánicos en rendimiento y desarrollo radicular superficial al ser incorporados en un programa de fertilización en aguacate cv. Hass y de esta forma reducir los costos de producción e incrementar la productividad, así como generar una diversificación de ingresos al productor mediante la evaluación de un sistema agrosilvícola generado mediante el diagnóstico de los sistemas agrícolas del productor cooperante de la región de Huaquechula, Puebla. Se realizó un análisis de suelo y se propuso una dosis de fertilización en base al diagnóstico nutrimental de suelo. Se evaluaron los efectos de composta y lixiviado de humus de lombriz en el desarrollo radicular y rendimiento de aguacate. Se aplicaron 3 niveles de composta: 100, 150 y 200 kg, acompañados de la fertilización química convencional y la fertilización química propuesta en base a diagnóstico nutrimental del suelo, los cuáles también fungieron como grupo control sin la aplicación de los abonos orgánicos. El rendimiento fue superior con niveles medios de composta, el desarrollo radicular superficial respondió favorablemente a los tratamientos con aplicación de abonos orgánicos y tuvo correlación directa con rendimiento, materia orgánica, Mg, Fe, Zn, Cu y B. Se sistematizaron costos de producción de la huerta, así como del monocultivo de alfalfa en la región y se obtuvo la relación beneficio costo (B/C) y el Valor Actual Neto (VAN) del monocultivo de aguacate, alfalfa, un sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional y uno con fertilización con diagnóstico nutrimental en aguacate. Se obtuvo el Uso Equivalente de la Tierra (UET) de los sistemas agrosilvícolas. Se concluyó que los sistemas agrosilvícolas de aguacate-alfalfa son más productivos por unidad de superficie que los monocultivos y que la interacción de las especies incrementa el valor de los indicadores financieros.

Palabras clave: composta, uso equivalente de la tierra, sistema agrosilvícola.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: José Luis Campos Mariscal

Dirección de tesis: Dr. Ranferi Maldonado Torres

ABSTRACT

ROOT DEVELOPMENT, YIELD AND FINANCIAL AND PRODUCTIVE EVALUATION OF AVOCADO FERTILIZED WITH ORGANIC FERTILIZERS

The effect of incorporating organic fertilizers in a fertilization program for Hass avocado in terms of crop yield and shallow root development was evaluated in an effort to reduce production costs and increase productivity, as well as generate income diversification for the producer by evaluating an agroforestry system generated by the diagnosis of the cooperating producer's agricultural systems in the region of Huaquechula, Puebla. A soil analysis was made and a fertilization dose was proposed based on the soil nutrient diagnosis. The effects of compost and vermicompost leachate on root development and avocado yield were evaluated. Three levels of compost were applied: 100, 150 and 200 kg, accompanied by conventional chemical fertilization and the chemical fertilization proposal based on the soil nutrient diagnosis, which also acted as a control group without the application of organic fertilizers. Yield was higher with medium compost levels; shallow root development responded favorably to treatments with application of organic fertilizers and was directly correlated with yield, organic matter, Mg, Fe, Zn, Cu and B. Orchard and alfalfa monoculture production costs in the region were systematized. Also, the benefit cost ratio (B/CR) and Net Present Value (NPV) of avocado and alfalfa monoculture systems, an avocado-alfalfa agroforestry system in alley cropping with conventional fertilization and one with fertilization based on soil nutrient diagnosis were obtained. The Land Equivalent Ratio (LER) of the agroforestry systems was obtained. It was concluded that avocado-alfalfa agroforestry systems are more productive per unit area than monocultures and the interaction of species increases the value of financial indicators.

Keywords: compost, land equivalent ratio, agroforestry system. .

Master in Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: José Luis Campos Mariscal
Advisor: Ranferi Maldonado Torres PhD.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Según la Secretaría de Economía (2012) México es líder mundial en el mercado del aguacate, participó en 2009 con 27% de la superficie sembrada total, es el principal exportador con el 40% y el de mayor consumo per cápita, con 10 kg al año. Los rendimientos por hectárea ocupan el cuarto lugar a nivel mundial (10.1 t/ha).

En México, 28 entidades federativas cultivan aguacate, siendo el Estado de Michoacán el principal productor con 950 mil toneladas en el año 2010, de un total nacional de 1,107 millones, lo que representa de la producción 85.9% del total. (Secretaría de Economía, 2012).

El estado de Puebla, específicamente la zona de Atlixco fue reconocida según Vega (2012) como la cuna del aguacate a nivel nacional por la calidad de su fruto, pero diversos factores han evitado su crecimiento y permanencia como la región con la mayor producción aguacatera del país. Entre los municipios de Puebla con mayor plantación de árboles de aguacate se encuentra la región de Atlixco, abarcando Axocopan, Trinidad Tepango, Tianguismanalco y Huaquechula, y otra parte en la Sierra Nororiental, que abarca Chilchotla, Tepexi de Rodríguez, Teziutlan y Zacapoaxtla, siendo estas las principales zonas productoras de aguacate. En Atlixco se produce el Aguacate Criollo y Aguacate Fuerte, teniendo 500 variedades de criollo en el estado, de las cuales 300 se encuentran en este municipio (Vega, 2012).

En las regiones antes mencionadas el cultivo de aguacate está desplazando a otros cultivos y se posiciona como de los monocultivos más rentables en la zona. Si no se generan alternativas de manejo de menor impacto al ambiente que permitan a la vez una disminución en los costos de producción, así como la diversificación de ingresos a los productores es posible caer en una trampa social que lleve al simple cambio de uso de suelo de zonas de vegetación nativa y cultivos básicos dando como resultado una pérdida de recursos naturales a nivel regional.

El manejo actual de la fertilización en los huertos de aguacate en la zona productora mencionada es realizado de manera convencional, y aunque se está realizando trabajo de base por parte de técnicos e investigadores que

trabajan en la zona es importante contar con información que permita conocer los requerimientos nutrimentales para obtener una mayor productividad del sistema de producción de una manera más inocua y de esta forma mejorar los ingresos para los productores a través de una optimización de los recursos con los que se cuentan. Es por ello que es fundamental realizar este tipo de estudios, ya que de esta manera se puede establecer con mayor certeza un manejo nutrimental para la zona de estudio que permita elevar los rendimientos, calidad y productividad del cultivo de aguacate. Esta información podrá ser retomada y considerada por productores y técnicos para mejorar los sistemas de producción de aguacate, así como instrumentar tecnologías agroforestales que permitan generar interacciones positivas entre los componentes de dicho sistema.

La utilización de abonos orgánicos elaborados con recursos locales puede constituir una alternativa de manejo ante la alta demanda de fertilizantes de origen químico cuyos precios elevan los costos de producción de manera considerable. La adición de materia orgánica (composta de gallinaza) al suelo en dosis de 50 a 100 kg por árbol de aguacate junto con la fertilización mineral en fertiriego, proporciona mejor asimilación nutrimental en la hoja, sobre todo en lo que respecta a P y K. Las concentraciones nutrimentales en la hoja son mayores en la fertirrigación, debido a la adición de composta de gallinaza (Téliz y Mora 2007). Aunado a esto la promoción de raíces nuevas por la aplicación de composta y lixiviado de humus de lombriz puede ser un fenómeno que contrarreste problemas de enfermedades de raíz en aguacate.

El objetivo del presente estudio fue evaluar abonos orgánicos para mejorar el rendimiento y el desarrollo radicular superficial al ser incorporados en un programa de fertilización en aguacate cv. Hass y de esta forma reducir los costos de producción y manejo a la par de incrementar la productividad, así como generar una diversificación de ingresos al productor a través de la evaluación de cultivos perennes asociados al aguacate en la región de Huaquechula, Puebla.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general:

- Determinar el requerimiento nutrimental para la producción de aguacate cv. Hass, mediante la aplicación de abonos orgánicos y su impacto en el desarrollo radicular superficial y en el costo de producción, para generar una propuesta de manejo de tipo agroforestal que permita una diversificación de ingresos al productor.

Específicos

- Determinar el estado nutrimental del sistema de producción de aguacate mediante el análisis del suelo y foliar, para mejorar su productividad.

Hipótesis: La determinación del estado nutrimental del suelo y foliar del cultivo de aguacate son esenciales para la elaboración de un programa de nutrición vegetal óptimo para mejorar la productividad del cultivo y efficientizar el uso de los fertilizantes.

- Mejorar la producción de aguacate cv. Hass y el desarrollo radicular superficial mediante la aplicación de diferentes dosis de composta y lixiviado de humus de lombriz para reducir el impacto ambiental del programa de fertilización.

Hipótesis: La composta y el lixiviado de humus de lombriz cuentan con las características necesarias para complementar de manera integral los requerimientos nutrimentales del cultivo de aguacate sustituyendo con su aplicación cierta cantidad de fertilizantes convencionales y generando mejores condiciones edáficas al cultivo en cuestión.

- Determinar la utilidad financiera del sistema agroforestal de aguacate con cultivo de alfalfa en callejones a través de la Relación Beneficio Costo (B/C) y el Valor Actual Neto (VAN), así como realizar el análisis productivo mediante el Uso Equivalente de la Tierra (UET).

Hipótesis: La asociación del cultivo de aguacate con un cultivo perenne de porte bajo como la alfalfa crea interacciones positivas que se pueden reflejar en una reducción de costos de producción y aumento de la productividad de ambos componentes del sistema agroforestal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de Aguacate

El aguacate pertenece a la familia de las Lauráceas, que está formada por 52 géneros y cerca de 3,500 especies; esta es una de las familias más primitivas de las dicotiledóneas (Bernal y Díaz, 2005).

Actualmente es aceptado por la mayoría de autores, que el aguacate puede ser agrupado bajo una sola especie: *Persea americana* Mill. El aguacate es un árbol que en condiciones naturales puede sobrepasar los 10 m de altura, con una copa amplia, cuyo diámetro puede sobrepasar 25 m en un árbol adulto. Es una especie que presenta dicogamia y protoginia, esto es, que las flores abren dos veces, actuando primero, como flores femeninas y posteriormente, como masculinas (Bernal y Díaz, 2005).

La raíz es pivotante, muy ramificada, de distribución radial; las raíces secundarias y terciarias se distribuyen superficialmente, en los primeros 60 cm, aunque la raíz principal puede superar 1.0 m de profundidad. El aguacate no forma pelos radiculares visibles. Entre el 80 y 90% de las raíces se encuentran entre los primeros 60 cm del suelo (Bernal y Díaz, 2005). El fruto es una baya que varía en forma según la raza. El color de la cáscara cuando éste está maduro puede ser verde, verde claro, verde oscuro, amarillo, anaranjado claro, rojo, púrpura, negro y la mezcla de los anteriores. Para el cultivo de aguacate el pH recomendado por Wolstenholme (2007) va de 5.0 a 7.0 con un mejor desempeño en el límite inferior de este intervalo. En cuanto a precipitación y humedad, el aguacate requiere de una precipitación de 1200-1600mm distribuidos durante todo el año (Wolstenholme, 2007).

2.1.1 Mercado del aguacate mexicano

El mercado internacional de aguacate ha sufrido importantes modificaciones durante las dos últimas décadas. Por un lado, aunque se trata de una fruta exótica, cada vez es más consumida en el mundo. Por otro, surgen nuevas potencias exportadoras que desplazan a anteriores naciones líderes: México, principal productor y consumidor de la fruta, es, a partir de la década

de 1990, en el máximo exportador, como resultado de la apertura del mercado de los Estados Unidos (Macías, 2011).

Estados Unidos es por mucho el principal importador de aguacate, Macías (2011) menciona que esto es derivado principalmente de la mayor población de origen latino en ese país, así como de la incursión de producto mexicano a dicho mercado. Las importaciones norteamericanas han pasado de una Tasa de Crecimiento Promedio Anual (TCA) de 10.4% entre 1990 y 1997, a 29.3% entre 1997 y 2007. En este mercado, Chile y los productores locales de California se han visto relativamente desplazados por México. Esta expansión de ventas de México a EUA, ha implicado una creciente concentración en ese mercado, desatendiendo otros donde anteriormente el mercado mexicano había ganado una presencia importante. Así, mientras en 1996, 43.5% de las exportaciones tenían como destino Francia y 3.1% se destinaban a EUA; para 2007, 72.5% se exporta a EUA, 8.5% a países centroamericanos, 8.3% a Japón, 6.6% a Canadá, y sólo 3% a Francia. Por lo mismo, es notable el descenso de las exportaciones mexicanas a Europa, con una participación de apenas 4.36% cuando en 2001 era de 7.61% (Macías, 2011).

2.1.2 Producción de aguacate en México y Puebla

En México, 28 entidades federativas cultivan aguacate, siendo el Estado de Michoacán el principal productor con 950 mil toneladas en el año 2010, de un total nacional de 1,107 millones, lo que representa de la producción 85.9% del total. (Secretaría de Economía, 2012).

Según Colín (2001) una de las poblaciones famosas por la gran variabilidad y calidad de sus aguacates fue Atlixco, Puebla, que desde el siglo pasado fue gran productor de aguacate.

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011) el estado de Puebla tenía al 2011 un total de 2042.79 has de aguacate, conformadas por 619 hectáreas de aguacate cv. Hass, 1286.79 de criollo y 137 de la variedad Fuerte, siendo los principales municipios productores los siguientes: Atlixco, Huaquechula, Nealtican, San Andrés Cholula, San Jerónimo Tecuanipa, San Juan Tianguismanalco,

Tochimilco, Santa Isabel Cholula, Tianguismanalco,, Huahuchinango, Chilchotla, Quimixtlan, Tepexi de Rodríguez, Zacapala, Atempan, Chignautla. Hueyapan, Teteles de Ávila Castillo, Teziutlán, Tlatlauquitepec, Xiutetelco, Yaonahualt, Zautla, Cuautenpan, Tetela de Ocampo y Zacatlán.

En la zona el aguacate está desplazando a otros cultivos y se posiciona como de los monocultivos más rentables en la región. Si no se generan alternativas que complementen de forma adecuada a este cultivo y que permitan aprovechar de mejor forma los recursos naturales se puede caer en una riesgosa dependencia económica de parte de los productores a este monocultivo y en un riesgo ambiental por el cambio de uso de suelo cuyo impacto ambiental sea negativo.

2.1.3 Fertilización de aguacate

La fertilización del cultivo de aguacate se realiza en la mayoría de las huertas del país de manera convencional con el uso de productos de origen sintético.

Tapia y Mora (2007) mencionan que en el cultivo de aguacate la fertilización nitrogenada es una práctica que consume el 45% del fertilizante aplicado en huertas. La aplicación de fertilizante nitrogenado en julio y octubre, coincide con la época de lluvias por lo que las pérdidas de nitrógeno también se incrementan contribuyendo a la contaminación del ambiente y baja eficiencia de uso de fertilizante.

Mangiafico *et al.* (2009) mencionan que residuos de pesticidas y otros contaminantes pueden ser encontrados fuera de las huertas de aguacate, registraron hasta 31 ppm de concentración de N-NO₃ en la solución suelo.

Tapia *et al.* (2014) calculan que el aguacate orgánico en Michoacán alcanza ya unas 6000 ha, es una alternativa convencional debido a que puede ser de menor impacto ambiental sobre todo en el aspecto fitosanitario y nutricional. Su estudio se basó en evaluar la nutrición orgánica del aguacate y su efecto en algunas variables agronómicas de cultivo. Los resultados indican en general, que la nutrición orgánica es una alternativa viable para obtener alta concentración nutricional en suelo y foliar, valores adecuados de amarre y

crecimiento de fruto, tronco y brotes vegetativos, floración y rendimiento de fruto.

Hermoso (2003) evaluó el efecto de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada en dos tipos de suelo, concluyendo que Los niveles de N en hoja se mantuvieron en 1.4-1.6% y 1.6-2.0% en suelo pobre y rico respectivamente. P y K permanecieron generalmente por encima de 0.10% y 0.50% respectivamente. Sólo la materia orgánica de origen animal aplicada a dosis elevada aumentó significativamente la cosecha.

2.1.4 Diagnóstico nutrimental en aguacatero

Salazar y Lazcano (1999) mencionan que para lograr niveles altos de productividad en el cultivo del aguacate se requiere de la aplicación de fuentes externas de nutrimentos. La aplicación de fertilizantes se debe de realizar considerando las necesidades de la planta, las características físico-químicas del suelo, las condiciones de cultivo y el comportamiento fenológico del árbol. El análisis foliar es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de huertos comerciales, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, ya que podría ayudar a mejorar no sólo el rendimiento sino el tamaño y calidad de la fruta.

2.1.5 Muestreo de suelos

El muestreo de suelo es la primera etapa en un buen programa de fertilización y encalado. No está de más remarcar que, por más bien hecho que sea el análisis, no corrige fallas en la toma de muestras o en la representatividad de la misma (Sosa, 2014).

Una muestra compuesta se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Son las más usadas para la planificación de la fertilización. Se recomienda 15-20 submuestras por parcela de muestreo (Sosa, 2014).

2.1.6 Requerimientos nutrimentales

Salazar y Lazcano (1999) mencionan que durante los 60's y 70's, se generaron guías para determinar el estado nutrimental de algunos cultivos, incluyendo al aguacate, tales como: Niveles críticos e Intervalos de suficiencia, Índices de Balance y DRIS. Se considera que la técnica de Índices de Balance es apropiada para árboles frutales ya que además de considerar en su cálculo un valor estándar (óptimo) del contenido de cualquier nutriente, incluye la variación fisiológica natural existente en una población de árboles con altos rendimientos y no requiere de una gran base de datos, como es el caso del DRIS.

2.1.7 Condición nutrimental foliar

Etchevers (1999) dice que los análisis de la parte aérea de la planta proporcionan información acerca de la concentración de los nutrientes en ésta y, cuando debidamente relacionados con la producción de materia seca, sobre la cantidad de cada nutriente en ella. El análisis foliar se emplea para evaluar el estado nutrimental de las plantas e indirectamente la disponibilidad de nutrimentos por el suelo. Se puede medir la concentración total de un elemento en la planta o una fracción de ésta. El análisis de plantas se emplea principalmente para diagnosticar deficiencias nutrimentales y como base para formular recomendaciones de fertilización. El órgano que se usa con mayor frecuencia con el propósito de diagnosticar el estado nutrimental de los cultivos es la hoja, de ahí que también se le llame análisis foliar. La interpretación de los resultados requiere de una investigación previa para establecer niveles de referencia.

El fundamento del análisis foliar es la relación que existe entre la concentración de un nutriente en un órgano específico de la planta, colectado en un momento también específico de su desarrollo y el rendimiento de ésta. Los principales criterios para la interpretación de los análisis de tejido vegetal son el nivel crítico de deficiencia y toxicidad y los rangos de concentración. Se define como nivel (valor o concentración) crítico de deficiencia de la parte especificada, la concentración de un nutriente (Etchevers, 1999).

2.1.8 Metodología de índices de balance Kenworthy

Maldonado (2007) menciona que el índice de Balance Kenworthy es un procedimiento de evaluación de las concentraciones foliares que permite determinar los desbalances nutrimentales. Este procedimiento requiere de valores de referencia, estándar o norma, como los obtenidos para el cultivo de aguacate (Cuadro 1).

Cuadro 1. Intervalos de concentración nutrimental óptimos para aguacatero cv. Hass.

Nutrimento	Unidad	Intervalo Estimado
Nitrógeno	(%)	1.94-2.31
Fósforo	(%)	0.15-0.18
Potasio	(%)	0.81-1.09
Calcio	(%)	1.28-2.59
Magnesio	(%)	0.62-0.77
Hierro	(mg·kg ⁻¹)	85-114
Manganeso	(mg·kg ⁻¹)	87-182
Cinc	(mg·kg ⁻¹)	20-51
Cobre	(mg·kg ⁻¹)	7-32
Boro	(mg·kg ⁻¹)	126-352

Fuente: Maldonado et al. (2007).

2.1.9 Abonos orgánicos

La utilización de abonos orgánicos elaborados con recursos locales puede constituir una alternativa de manejo ante la alta demanda de fertilizantes de origen químico cuyos precios elevan los costos de producción de manera considerable. La adición de materia orgánica (composta de gallinaza) al suelo en dosis de 50 a 100 kg por árbol de aguacate junto con la fertilización mineral en fertiriego, proporciona mejor asimilación nutrimental en la hoja, sobre todo en lo que respecta a P y K. Las concentraciones nutrimentales en la hoja son mayores en la fertirrigación, debido a la adición de composta de gallinaza (Téliz y Mora 2007).

2.1.10 Lixiviado de humus de lombriz

Los abonos orgánicos líquidos llamados lixiviados de primera, segunda y tercera vuelta, son el resultante o producto obtenido del drenaje del regadío a canteros utilizados en la producción de lombrices (Reinés *et al.*, 2007).

El efluente de lombriz es el abono líquido de lombriz, un efluente de origen natural y orgánico. Es obtenido en el proceso biológico de mineralización y humificación, en donde microorganismos y lombrices realizan las tareas principales. Es un concentrado de compuestos orgánico - minerales, tales como los ácidos húmicos, fúlvicos y huminas, que actúan como virtuales “imanes “ atrayendo, sujetando y regulando la liberación de nutrientes y compuestos orgánicos.

Casco e Iglesias (2005) menciona que el lixiviado obtenido de estiércol de ovinos utilizado como alimento para las lombrices ha demostrado ser una excelente fuente de potasio es de 2,4 gramos por litro y de nitrógeno 61 miligramos por litro (61 ppm) conteniendo además hierro, manganeso, cobre y zinc micro nutrientes esenciales.

Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc. Que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades. Además, estimula la humificación propia del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el suelo (Casco e Iglesias, 2005).

2.1.11 Composta

Restrepo (2007) menciona que en el compostaje, nos interesa alcanzar el estado de humus nutriente. Nuestro objetivo no es producir humus permanente a través de un proceso de compostaje. Todo lo que necesitamos lograr por medio del compostaje es digerir y proteger los nutrimentos de tal forma que no sean solubles en agua. El humus

permanente (de cadena larga) primero se reduce a humus nutriente (de cadena corta) y después a nutrimentos para la planta solubles en agua.

La formación de humus permanente puede ocurrir en el suelo, ya que el peligro de pérdidas ha sido superado con la formación de humus nutriente.

2.1.12 Desarrollo radicular de aguacate

Según Calabrese (1992) las raíces de aguacate son generalmente superficiales. La raíz principal es corta y débil. Alcanza profundidades de 1.0 a 1.5 metros pero en terrenos más sueltos puede superar esta marca. El sistema radicular tiene un patrón de crecimiento horizontal que se concentra en los primeros 50 centímetros de profundidad. Como las raíces poseen pocos pelos absorbentes, la absorción del agua y los nutrientes la realiza a través de los tejidos primarios de las puntas de las raíces.

Un estudio realizado por Aguirre *et al.* (2008) cuantificó la dinámica de producción de raíces en árboles de aguacate cv. Hass, bajo manejos convencional y orgánico. Por huerto se seleccionaron 12 árboles aleatoriamente. Los muestreos de suelo fueron en dos árboles/mes y dos submuestras/árbol, en la zona de goteo con excavaciones de 40 cm³. El estudio reflejó que el manejo orgánico presentó un 37% de mayor peso de raíces en seco, respecto al manejo convencional y que los meses de mayor presencia de raíces fueron noviembre, agosto y mayo.

Salazar *et al.* (2015) realizó una investigación en donde menciona que para mejorar la eficiencia de la fertilización y otras prácticas culturales en el cultivo del aguacate es importante conocer la fenología de la raíz. El objetivo de su investigación fue cuantificar la intensidad y fechas de ocurrencia de los flujos de crecimiento de raíces del aguacate cv. Hass cultivado con riego y sin riego en cuatro tipos de clima. En cada huerto fueron seleccionados 12 árboles. Mensualmente fue cuantificada la presencia (peso seco) de raíces nuevas en una excavación de 40x40x40 cm en el área de sombreado de dos árboles por huerto. En todos los climas se registró producción de raíces durante el año aunque hubo dos periodos de máxima producción. La producción anual de raíces fue mayor en huertos sin riego (31.7 g) que en huertos con riego (18 g).

2.2 Sistemas agroforestales de aguacate

Una investigación realizada en el estado de Michoacán por Montiel *et al.* (2008) con la finalidad de proponer alternativas agroforestales para el manejo de monocultivo de aguacate. El estudio incluyó la evaluación del sistema agroforestal aguacate-café-guayaba, en relación con el sistema de monocultivo de aguacate.

Montiel *et al.* (2008) concluyen que las prácticas agroforestales bajo plantaciones de aguacate son más productivas y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo. Por lo tanto, las opciones agroforestales pueden servir como base para el diseño y la promoción de tecnologías agroforestales que incrementen la productividad y rentabilidad de los actuales sistemas de monocultivo. Los resultados indican que, al incorporar mayor diversidad biológica a los sistemas de monocultivo, se obtienen mayores beneficios económicos y menor riesgo, tanto ambiental como económico, ya que su productividad no depende de una sola especie vegetal. También concluyen que en el diseño y la promoción de sistemas agroforestales en plantaciones de aguacate se requiere de una selección cuidadosa de especies de alto valor, probablemente para que su implementación resulte atractiva al productor desde el punto de vista económico.

Trujillo (2014) evaluó el establecimiento de un sistema agroforestal de aguacate cv. Hass con un cultivar de Achira *Canna edulis* Ker variedad Nativa sembrado en callejones con el fin de realizar la evaluación de las características productivas de los dos cultivares en cuanto a desarrollo, viabilidad en el aspecto agronómico, ambiental y forestal, y ventajas comparativas de la productividad económica de estos. Se determinó que sembrando la especie mencionada en las entrecalles del aguacate se contribuye con un sistema agroforestal amigable con el medio ambiente y con la generación de ingresos a los hogares de los agricultores, disminuyendo la dependencia económica de los precios del aguacate.

Luna (2012) realizó una evaluación agroforestal en el municipio de Jalacingo, Veracruz, haciendo una comparación de los sistemas agrosilvícolas con asociaciones de maíz-aguacate-ciruela y maíz-ciruela;

describiéndolos desde una perspectiva técnica y de producción agronómica y estimando la relación Beneficio Costo (B/C) de la producción anual de las parcelas de los productores de la zona. Concluyó que los dos sistemas agroforestales (maíz-aguacate-ciruela y maíz-ciruela) se adaptan a las condiciones ecológicas y son rentables y resilientes a los problemas de la zona.

2.2.1 Análisis financiero de sistemas agroforestales

Pérez (2012) menciona que evaluar una idea de inversión significa estudiar y valorar los resultados y efectos de dicha idea. Los resultados de un proyecto normalmente se agrupan en cuatro diferentes aspectos: financieros, económicos, sociales y ecológicos.

Peña *et al.* (2015) dice que la formulación y evaluación de proyectos, constituye una herramienta útil para todos aquéllos que decidan implementar una idea de inversión. Para evaluar la viabilidad técnico-económica de la producción comercial de aguacate cv. Hass, en una región del sur del Estado de México, se formuló y evaluó una propuesta de inversión mediante la metodología de proyectos de inversión. Se realizó un análisis de viabilidad comercial, técnica, financiera y económica, así como el análisis de sensibilidad de 11 variables independientes y su efecto en el comportamiento de indicadores de rentabilidad: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Retorno Sobre la Inversión (RSI), Valor de Deseabilidad (ID), Relación Beneficio Costo (B/C) y Periodo de Recuperación (PR). Los resultados indicaron una Tasa de Rentabilidad Mínima Aceptable (TREMA) de 12.7 %, el VAN fue 15,368.8 miles de pesos, la TIR 41.9 %, RSI 2.9, ID 1.9 y B/C 2.2.

Current (1977) evaluó costos y beneficios de 21 sistemas agroforestales (SAF) promovidos en América Central y el Caribe. Encontró que en la mayoría de los casos los SAF son rentables (a una tasa de descuento real del 20%), tienen una rentabilidad mayor que otras alternativas agrícolas y han generado beneficios ambientales y sociales para las comunidades rurales y para la sociedad. Se destaca la necesidad de poner más atención a

la evaluación de beneficios de los SAF y las condiciones bajo las cuales los SAF son beneficiosos y serán adoptados.

2.2.2 Relación Beneficio Costo (B/C)

Esta razón indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Por definición, resulta de dividir el ingreso entre el costo. En caso de analizar la factibilidad de tecnologías nuevas a través de un presupuesto parcial, este índice se puede calcular tomando en cuenta solo los costos variables y no los costos totales (que incluyen los costos fijos) pues la mayor parte de las veces son los únicos costos que son afectados por la introducción de la tecnología. Cuando la relación es igual a 1 el productor no gana ni pierde al realizar el cambio tecnológico. Relaciones mayores a 1 indican ganancia y menores a 1 indican pérdida (Herrera *et al.*, 1994).

Según Váquiro (2010) la relación B/C es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar. Toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto.

2.2.3 Valor Actual Neto (VAN)

Herrera *et al.* (1994) menciona que el criterio de valor actual es útil para trabajar con planes de producción a largo plazo, ya que los ingresos y desembolsos sufren cambios constantes. El valor actualizado neto consiste en sumar todos los ingresos y costos futuros debidamente descontados por una tasa de interés.

Jiménez *et al.* (2007) señalan que el VAN consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor, también actualizado, de las inversiones y otros egresos de efectivo. La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa, por debajo del cual los proyectos no deben ser aceptados.

2.2.4 Uso Equivalente de la Tierra (UET)

Gliessman (2002) refiere que el Uso Equivalente de Tierra (UET) es la sumatoria de dividir para cada cultivo el rendimiento del policultivo sobre el

rendimiento del monocultivo de mayor valor económico, el resultado de esta ecuación no son valores reales de rendimiento, sino que son valores proporcionales que determina el nivel de interferencia de cultivos intercalados en un tipo de sistema de producción de cultivos.

Una herramienta útil para el estudio y evaluación de sistemas de cultivos intercalados según Gliessman (2002) es el Uso Equivalente de la Tierra (UET) conocido en inglés como Land Equivalent Ratio (LER). El UET provee una medida de “que todas las cosas han de ser igual”, en las ventajas de rendimiento obtenido por sembrar dos o más cultivos intercalados, comparados con los mismos cultivos sembrados en forma separada como monocultivos. El UET nos permite ir más allá de una descripción del patrón de diversidad en un análisis de las ventajas de cultivos intercalados. El UET es calculado usando la fórmula:

$$UET = \sum \frac{Yp_i}{Ym_i}$$

Dónde: Yp es la cosecha de cada cultivo en un sistema intercalado o en policultivo y Ym es la cosecha de cada cultivo *per se* o en monocultivo. Para cada cultivo (*i*) una tasa o razón es calculada para determinar el UET parcial para cada cultivo, entonces los UET parciales son sumados para dar el UET total para el sistema intercalado o policultivo (Gliessman, 2002).

En los cultivos intercalados, el UET es frecuentemente utilizado como medida de eficiencia del cultivo intercalado y es idéntico al Rendimiento Total Relativo (RTR) ya que está basado en los requerimientos relativos de tierra para producir cultivos intercalados versus monocultivos (Mead y Willey, 1980) citado por Enciso y Espinoza (2010).

Montiel *et al.* (2008) obtuvieron un UET de 2.30, el cual resulta del sistema agrosilvícola aguacate, en combinación interactiva con café y guayaba. Los valores indican que los componentes del sistema en condiciones de monocultivo requieren de 1.30 unidades más de superficie de tierra para igualar la productividad que se alcanza con el sistema agrosilvícola. El UET que se obtuvo se considera alto, debido a que los rendimientos que tienen el

aguacate, el café y la guayaba en el sistema agrosilvícola no son muy bajos, comparados con los que se obtienen en el sistema de monocultivo, sobre todo los rendimientos del aguacate y el café. En este sentido es importante resaltar que la productividad ecológica de los sistemas agrosilvícolas está muy relacionada con la eficiencia de los arreglos ecológicos que se presentan, donde se hace un mejor aprovechamiento del espacio y los recursos disponibles del sistema en la misma unidad de tierra.

III. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y DESARROLLO RADICULAR SUPERFICIAL EN AGUACATE RESUMEN

México es líder mundial en el mercado del aguacate. El estado de Puebla es uno de los principales productores de aguacate (*Persea americana*) en el país y específicamente la región de Atlixco fue reconocida como cuna del aguacate a nivel nacional. En esta región el aguacate está desplazando a otros cultivos y se posiciona como de los monocultivos más redituables en la zona. El manejo actual de la fertilización en los huertos es realizado de manera convencional, y aunque se está realizando trabajo de base por parte de técnicos e investigadores, es importante contar con información que permita conocer los requerimientos nutrimentales para obtener una mayor productividad de manera más inocua. La utilización de abonos orgánicos puede constituir una alternativa de manejo ante la alta demanda de fertilizantes de origen químico cuyos precios elevan los costos de producción de manera considerable. Se evaluaron los efectos de composta y lixiviado de humus de lombriz en el desarrollo radicular y rendimiento de aguacate. Se aplicaron 3 niveles de composta: 100, 150 y 200 kg, acompañados de la fertilización química convencional y la fertilización química propuesta en base a diagnóstico nutrimental del suelo, los cuáles también fungieron como grupo control sin la aplicación de los abonos orgánicos. El rendimiento fue superior en tratamientos con niveles medios de aplicación de composta, la aplicación de 100 kg de composta con fertilización química con diagnóstico nutrimental superó ($P \leq 0.05$) por 200% al grupo control que consistió en la fertilización convencional actual. El desarrollo radicular superficial respondió favorablemente a los tratamientos con aplicación de abonos orgánicos y tuvo correlación directa ($P \leq 0.05$) con el rendimiento, así como con las concentraciones nutrimentales de Mg, Fe, Zn, Cu, B y materia orgánica obtenidas de muestreos de suelo de cada tratamiento posteriores a la realización del estudio .

Palabras clave: composta, fertilización, requerimientos nutrimentales.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: José Luis Campos Mariscal

Dirección de tesis: Dr. Ranferi Maldonado Torres

III. EFFECTS OF APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS ON YIELD AND SHALLOW ROOT DEVELOPMENT IN AVOCADO

ABSTRACT

Mexico is the world leader in the avocado market. The state of Puebla is one of the major producers of avocado (*Persea americana*) in the country and specifically the Atlixco region was recognized as the birthplace of avocado at the national level. In this region the avocado is displacing other crops and is positioned as the most profitable monoculture in the area. Current fertilization management in orchards is performed in a conventional manner and although groundwork is being done by technicians and researchers, it is important to have information to meet the nutritional requirements for increased productivity in a more innocuous way. The use of organic fertilizers can be a management alternative to the high demand for chemical fertilizers whose prices raise production costs considerably. The effects of compost and vermicompost leachate on root development and avocado yield were assessed. Three levels of compost were applied: 100, 150 and 200 kg, accompanied by conventional chemical fertilization and a chemical fertilization proposal based on a soil nutrient diagnosis, which also acted as a control group without the application of organic fertilizers. The yield was higher in treatments with medium compost application levels; the application of 100 kg of compost with chemical fertilization with nutrient diagnosis exceeded ($P \leq 0.05$) by 200 % the control group which consisted of the current conventional fertilization. Shallow root development responded favorably to treatment with application of organic fertilizers and had direct correlation ($P \leq 0.05$) with yield, as well as with the nutrient concentrations of Mg , Fe , Zn , Cu , B and organic matter obtained from soil samples from each treatment after the study .

Keywords: compost, fertilization, nutritional requirements.

Master in Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: José Luis Campos Mariscal
Advisor: Ranferi Maldonado Torres PhD.

3.1 INTRODUCCIÓN

En la región de Huaquechula, Puebla, el cultivo de aguacate está desplazando a otros cultivos tradicionales y se posiciona como uno de los monocultivos más rentables en la zona. Es necesario generar información que permitan implementar alternativas de manejo de menor impacto al ambiente que permitan a la vez una disminución en los costos de producción, así como la diversificación de ingresos a los productores.

Los abonos orgánicos elaborados con recursos locales pueden constituir una alternativa de manejo ante la alta demanda de fertilizantes de origen químico en el monocultivo de aguacate, cuyos precios elevan los costos de producción de manera considerable. La adición de materia orgánica (composta de gallinaza) al suelo en dosis de 50 a 100 kg por árbol de aguacate junto con la fertilización mineral en fertiriego, proporciona mejor asimilación nutrimental en la hoja, sobre todo en lo que respecta a P y K. Las concentraciones nutrimentales en la hoja son mayores en la fertirrigación, debido a la adición de composta de gallinaza (Téliz y Mora 2007). Aunado a esto la promoción de raíces nuevas por la aplicación de composta y lixiviado de humus de lombriz puede ser un fenómeno que contrarreste problemas de enfermedades de raíz en aguacate.

Salazar y Lazcano (1999) mencionan que para lograr niveles altos de productividad en el cultivo del aguacate se requiere de la aplicación de fuentes externas de nutrimentos. La aplicación de fertilizantes se debe de realizar considerando las necesidades de la planta, las características físico-químicas del suelo, las condiciones de cultivo y el comportamiento fenológico del árbol.

Tapia y Mora (2007) refieren que en el cultivo de aguacate la fertilización nitrogenada es una práctica que consume el 45% del fertilizante aplicado en huertas. La aplicación de fertilizante nitrogenado en julio y octubre, coincide con la época de lluvias por lo que las pérdidas de nitrógeno también se incrementan contribuyendo a la contaminación del ambiente y baja eficiencia de uso de fertilizante.

Es importante contar con información que permita conocer los requerimientos nutrimentales para obtener una mayor productividad del

sistema de producción de aguacate. Es conocido que la demanda de muchos de los elementos esenciales puede ser satisfecha por la fertilidad intrínseca de los suelos, particularmente cuando los rendimientos esperados son bajos, así como, que el abastecimiento que hace el suelo de varios elementos esenciales, particularmente de los macronutrientes primarios, no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos (Etchevers, 1999).

Tapia *et al.* (2014) calculan que el aguacate orgánico en Michoacán alcanza ya unas 6000 ha, es una alternativa convencional debido a que puede ser de menor impacto ambiental sobre todo en el aspecto fitosanitario y nutricional. Su estudio se basó en evaluar la nutrición orgánica del aguacate y su efecto en algunas variables agronómicas de cultivo. Los resultados indican en general, que la nutrición orgánica es una alternativa viable para obtener alta concentración nutricional en suelo y foliar, valores adecuados de amarre y crecimiento de fruto, tronco y brotes vegetativos, floración y rendimiento de fruto.

Hermoso (2003) evaluó el efecto de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada en dos tipos de suelo, concluyendo que Los niveles de N en hoja se mantuvieron en 1.4-1.6% y 1.6-2.0% en suelo pobre y rico respectivamente. P y K permanecieron generalmente por encima de 0.10% y 0.50% respectivamente. Sólo la materia orgánica de origen animal aplicada a dosis elevada aumentó significativamente la cosecha.

Un estudio realizado por Aguirre *et al.* (2008) cuantificó la dinámica de producción de raíces en árboles de aguacate cv. Hass, bajo manejos convencional y orgánico. Por huerto se seleccionaron 12 árboles aleatoriamente. Los muestreos de suelo fueron en dos árboles/mes y dos submuestras por árbol, en la zona de goteo con excavaciones de 40 cm³. El estudio reflejó que el manejo orgánico presentó un 37% de mayor peso de raíces en seco, respecto al manejo convencional y que los meses de mayor presencia de raíces fueron noviembre, agosto y mayo.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la aplicación de composta y lixiviado de humus de lombriz en las variables de rendimiento y desarrollo

radicular superficial al ser incorporados en un programa de fertilización en aguacate cv. Hass en la región de Huaquechula, Puebla, con la finalidad de reducir costos de producción a la par de incrementar la productividad.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en distintas etapas enumeradas a continuación:

Obtención de muestras de suelo y foliares del área experimental.

Análisis de la muestra y elección de la fertilización.

Aplicación de fuentes de fertilización química y orgánica al suelo.

Toma de datos de rendimiento y desarrollo radicular superficial.

Análisis de resultados.

3.2.1 Localización

El sitio de experimentación se encuentra en la localidad de Tlapetlahuaya, situada en el municipio de Huaquechula, Puebla. Según la estación 00021123 del Servicio Meteorológico Nacional se encuentra a una altitud de 1,640 msnm. Las normales climatológicas de la estación tienen una temperatura media anual de 21.7 y una precipitación anual de 931.5 mm.

3.2.2 Muestreo de suelo

El muestreo de suelos se realizó el día 5 de febrero de 2015 mediante excavaciones de 30x30x30 cm en la zona de goteo de los árboles de aguacate, para ello se extrajeron las muestras de los 40 sitios destinados a realizar el experimento. Posteriormente se hizo una muestra compuesta de 1.5 kg y se llevó al laboratorio para su análisis.



Figura 1. Muestreo de suelo inicial.

3.2.3 Análisis de suelos

Con la finalidad de obtener los parámetros requeridos para saber la condición nutrimental del suelo se envió la muestra compuesta al laboratorio de suelos de la empresa Nutreplantas S.A. de C.V. solicitando los siguientes parámetros:

- Materia orgánica, pH, Conductividad eléctrica (CE), Capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B.

3.2.4 Muestreo foliar

Se realizó un muestreo foliar tomando como referencia los 40 árboles elegidos para el muestreo de suelos. Para el muestreo se tomaron hojas maduras y sanas que fueron cortadas de la parte media del árbol tal y como menciona Maldonado (2002) completamente desarrolladas, maduras pero no senescentes, de brotes terminales sin fructificar provenientes del flujo de primavera, sanas (sin daños físicos, químicos ni afectadas por plagas o enfermedades), de 5 a 7 meses de edad y orientadas en los cuatro puntos cardinales.

Las hojas tomadas en cada muestreo foliar se colocaron en bolsas de papel y se transportaron en una hielera hasta su ingreso al laboratorio tomando como referencia lo realizado por Maldonado *et al.* (2008). La fecha de muestreo fue la misma de la toma del muestreo de suelos, es decir, el 5 de febrero de 2015.

3.2.5 Análisis de nutrimentos de muestreo foliar

Se realizó la metodología descrita por Maldonado *et al.* (2008) para la obtención de un extracto digerido, transparente y cristalino del cual se obtienen las concentraciones para los análisis de nutrimentos. El método consiste en lavar las hojas, secar a 70 °C hasta peso constante y se procesan en un molino de acero inoxidable con malla 40. Se toma 0.5 g del tejido seco y molido; posteriormente, se coloca en matraz de digestión con 4 ml de mezcla diácida (4:1 de ácido sulfúrico y ácido perclórico), más 2 ml de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada al 30%) para acelerar la reacción y

después se coloca el matraz en una estufa de digestión Lindenberg SB a 260 °C. Una vez obtenido el extracto se obtuvo la condición nutrimental considerando: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B.

Los datos de los análisis foliares fueron interpretados mediante el índice de Balance Kenworthy, que es un procedimiento de evaluación de las concentraciones foliares que permite determinar los desbalances nutrimentales y establecer un orden de requerimiento nutrimental.

Para la interpretación de los resultados se utilizó como base los indicadores de concentración nutrimental foliar para árboles de aguacatero propuesta por Maldonado (2002).

3.2.6 Dosis y fuentes fertilización

Se obtuvo la dosis de fertilización edáfica requerida por el cultivo, la cual es igual al requerimiento nutrimental del cultivo menos la disponibilidad de nutrimentos en el suelo con relación a la eficiencia de fertilizantes, metodología propuesta por Etchevers (1987).

Una vez teniendo las cantidades de N, P_2O_5 , K_2O y micronutrientes se determinó la cantidad de fertilizantes a aplicar para compensar los requerimientos nutrimentales considerando diversas fuentes de fertilización.

Con la finalidad de integrar diferentes abonos orgánicos dentro de las dosis de fertilización de aguacate y de esta forma bajar costos de producción se consideró la aplicación de composta y lixiviado de humus de lombriz.

Para el caso de los tratamientos que contemplaron composta se consideraron tres niveles de fertilización, 100, 150 y 200 kg de composta por unidad experimental aplicada en la zona de goteo de cada árbol del tratamiento correspondiente. Estos diferentes niveles de abono orgánico se aplicaron en la huerta el día 14 de marzo de 2015, mientras que para la aplicación de la fertilización química se esperó hasta que el productor realizó su fertilización convencional con el objetivo de no generar diferencias entre tratamientos por este aspecto de la investigación.

También se consideró la aplicación de lixiviado de humus de lombriz de manera mensual a todos los tratamientos en que se aplicó composta. Las fechas de aplicación fueron las siguientes: 8 de mayo, 11 de junio y 9 de julio

de 2015, y se aplicó mediante una dilución de 0.5 litros de lixiviado en 20 litros de agua para cada árbol, completando un total de 1.5 litros de lixiviado aplicados para el ciclo de producción estudiado, equivalente a 300 litros/ha por ciclo.

Cabe mencionar que como testigo en los tratamientos establecido se tomó la fertilización que el productor realiza comúnmente, la cual fue una mezcla física con una composición nutrimental de 20-10-05 a razón de 2 kg por árbol.

La fertilización química se realizó el día 7 de mayo de 2015, Todas las mezclas físicas elaboradas se aplicaron en la zona de goteo de los árboles seleccionados para el estudio.

3.2.7 Elaboración de abonos orgánicos

Se elaboró el día 24 de noviembre de 2014 una composta con esquilmos agrícolas, domésticos, estiércol de conejo y borrego de aproximadamente 6 toneladas, obteniendo 50% de composta del material inicial. Se realizó un monitoreo de la temperatura y en cuanto se presentó un descenso de la fase termófila (baja en la actividad microbiana) se procedió a dar un volteo. En total se realizaron dos volteos. Se realizó el cribado del material el 16 de Febrero con un tamiz de 5 mm de abertura para tener un producto final homogéneo a los 82 días de iniciado el proceso.



Figura 2. Proceso de obtención de productos orgánicos mediante la descomposición de residuos orgánicos para su posterior aplicación.

Se utilizó lixiviado de humus de lombriz de camas de producción establecidas en Texcoco, Estado de México de la empresa SEyVAO. Su

proceso de producción consistió en la recolección del lixiviado de tercera vuelta procedente del riego de canteros o camas con aproximadamente 3 meses de producción de lombricomposta y la concentración de éste mediante deshidratado solar.

Para cada abono orgánico se realizó un análisis nutrimental en laboratorio comercial considerando los siguientes nutrimentos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B.

En cuanto a la composta se determinó también materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y C.

3.2.8 Diseño de tratamientos

Para el caso de la fertilización se consideró como unidad experimental cada árbol de aguacate susceptible o elegido para muestreo. Se propusieron ocho tratamientos mencionados a continuación:

Cuadro 2. Tratamientos.

NP	TRATAMIENTOS
1	Fertilización convencional o grupo control
2	Fertilización con balance nutrimental
3	Fertilización convencional más 100 kg de composta
4	Fertilización convencional 150 kg de composta
5	Fertilización convencional más 200 kg composta
6	Fertilización con balance nutrimental 100 kg de composta
7	Fertilización con balance nutrimental más 150 kg de composta
8	Fertilización con balance nutrimental más 200 kg de composta

Fuente: *Elaboración propia.*

Se realizaron 5 repeticiones por unidad experimental (árbol).

El lixiviado de lombricomposta se aplicó de manera mensual durante tres meses y a razón de 0.5 L por árbol al suelo completando una dosis de 300 l por ha.

Cuadro 3. Croquis de ubicación de tratamientos.

Fila/árbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	x	x	2	6	4	1	5	3	7	8	5	7	2	8	4	x	x
2	x	1	4	1	5	8	3	7	6	2	8	4	1	5	3	x	x
3	x	x	3	6	2	7	3	5	1	6	4	8	7	2	6	x	x

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.9 Diseño experimental

Para el presente estudio se propuso un diseño experimental completamente al azar.

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento i.

E_{ij} = Error aleatorio.

En la parte estadística se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SPSS 20.

3.2.10 Variables a evaluar

Se registró el rendimiento de frutos (kg por árbol), el desarrollo radicular superficial por árbol, el diagnóstico nutrimental del suelo antes y después de la aplicación de los fertilizantes, así como las correlaciones de la concentración nutrimental del suelo de los diferentes tratamientos respecto al rendimiento y desarrollo radicular superficial. Los datos fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS 20.

Evaluación final de la condición nutrimental del suelo

Se realizó un análisis nutrimental del suelo por tratamiento posterior a la aplicación de abonos orgánicos para evaluar el cambio en los parámetros nutrimentales del suelo y ver si hubo correlaciones entre cantidad de nutrimentos, rendimiento y desarrollo radicular superficial. Las muestras se tomaron el día 24 de agosto de 2015, dos días después del corte de los frutos de aguacate. Se obtuvo la matriz de correlaciones de Pearson.

Evaluación de desarrollo radicular superficial

Se realizó una toma de muestras de la zona de goteo de cada árbol mediante excavaciones de 80 cm³, las 40 muestras fueron tomadas el día 22 de agosto de 2015, 161 días después de la aplicación de composta y 107

días después de la aplicación de la fertilización química. Posteriormente las raíces fueron separadas mediante tamizado del suelo, se registró el peso fresco y después fueron secadas en un horno a 75°C durante 72 horas para obtener peso seco en base a la metodología propuesta por Aguirre *et al.* (2008).

Evaluación de rendimiento de aguacate

Los cortes de aguacate de la huerta se realizaron a finales del mes de agosto e inicios de septiembre del 2015. Cabe mencionar que a pesar de estar programada la cosecha a fines de septiembre el productor encontró un comprador a buen precio y que cosechaba el producto, por lo que se procedió a adelantar la fecha de cosecha.

El corte de aguacate de las tres filas de aguacate del diseño experimental se realizó el día 22 de agosto de 2015. Se cosecharon los frutos de cada árbol o unidad experimental y se pesaron con una báscula Torrey con capacidad de 50 kg con una división mínima de 0.01 kg.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar al inicio del sistema productivo.

Con la finalidad de identificar las condiciones nutrimentales del suelo de la huerta en estudio, se realizó un análisis nutrimental de suelo y foliar.



Figura 3. Carta de balance nutrimental del análisis inicial del suelo.

Cuadro 4. Composición mineral del follaje de aguacate cv. Hass.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	-----%-----					-----mg kg ⁻¹ -----				
C	4.03	0.13	2.42	0.35	0.57	136.1	127.2	32.6	29.6	64.84
IB	177.5	88.11	256.9	31.93	100.8	129	74	85.51	73.89	81.33

C= Concentración nutrimental, IB= Índice de balance de Kenworthy

Fuente: *Elaboración propia.*

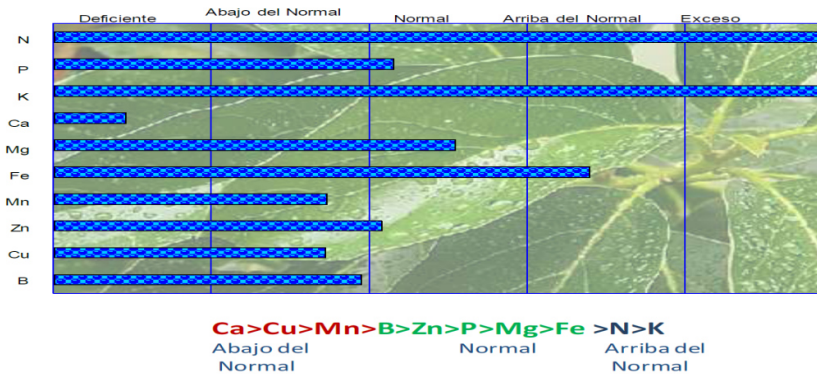


Figura 4. Carta de balance nutrimental foliar inicial del cultivo de aguacate.

Los resultados indicaron como se aprecia en la Figura 4 que el suelo presentó un nivel deficiente de Mn, bajos niveles de N, Fe, Zn y B, un nivel medio de Cu, mientras que el K y Ca se encuentran en niveles altos dentro de la huerta y el N y Mg están en exceso.

En cuanto al análisis nutrimental foliar en el Cuadro 4 se apreció que los nutrientes Ca, Cu y Mn se encontraron en concentraciones nutrimentales deficitarias para la correcta producción de los árboles. Los nutrientes en concentraciones normales fueron el B, Zn, Mg y Fe, mientras que los que estuvieron en exceso fueron N y K.

Se puede apreciar que las altas concentraciones de P, K y Mg en el suelo reflejaron concentraciones normales en el área foliar del aguacate, el Ca se encontró en una concentración alta en el suelo pero no así en el área foliar, lo que podría ser explicado como menciona Kass (2007) porque este nutrimento es considerado como un elemento inmóvil dentro de las plantas. Hay muy poca translocación del calcio en los tejidos conductores del floema

y la capacidad para absorber calcio es limitada, porque este es absorbido únicamente a través de los ápices jóvenes de las raíces.

Las concentraciones foliares de Mn, Cu y B coinciden con la baja cantidad de estos elementos en el suelo, al igual que el Zn, que aunque de forma foliar se encuentra en concentración apenas normal en el suelo tiene una concentración baja.

3.3.2 Dosis de fertilización propuesta

Con base en estos resultados se obtuvo una recomendación para fertilización a utilizar en los tratamientos que incluyeran fertilización en base a análisis nutrimental del suelo.

Cuadro 5. Valores de nutrimentos a fertilizar con base en análisis de suelo.

Nutrimento		Unidad	Valor	kg.ha ⁻¹	kg.arbol ¹
Nitrógeno	(N)	(mg·kg ⁻¹)	10.5	172.6	0.863
Fósforo	(P ₂ O ₅)	(mg·kg ⁻¹)	46.53	9.9	0.0495
Potasio	(K ₂ O)	(mg·kg ⁻¹)	237.65	228.8	1.144
Calcio	(CaO)	(mg·kg ⁻¹)	1879.5	167.2	0.836
Magnesio	(MgO)	(mg·kg ⁻¹)	509.7	0	0
Hierro	(Fe)	(mg·kg ⁻¹)	3.67	2.55	0.01275
Manganeso	(Mn)	(mg·kg ⁻¹)	2.36	4.76	0.0238
Zinc	(Zn)	(mg·kg ⁻¹)	1.04	5.17	0.02585
Cobre	(Cu)	(mg·kg ⁻¹)	2.38	0.74	0.0037
Boro	(B)	(mg·kg ⁻¹)	0.72	1.14	0.0057

Fuente: *Elaboración propia.*

La composición de los fertilizantes utilizados para complementar la dosis requerida por el cultivo de aguacate fueron las siguientes:

Cuadro 6. Composición de fuentes de fertilización propuestas.

Nutrimiento	Composta	Unidad	Lixiviado	Unidad	UREA (%)	DAP (%)	KCL (%)
Nitrógeno	10.5	(mg·kg ⁻¹)	2.63	%	46	18	0
Fósforo	42.5	(mg·kg ⁻¹)	0.43	%	0	46	0
Potasio	432.02	(mg·kg ⁻¹)	3.43	%	0	0	60
Calcio	7601.6	(mg·kg ⁻¹)	1.71	%	0	0	0
Magnesio	2948	(mg·kg ⁻¹)	0.4	%	0	0	0
Hierro	65.29	(mg·kg ⁻¹)	656.5	(mg·kg ⁻¹)	0	0	0
Manganeso	3.21	(mg·kg ⁻¹)	259.4	(mg·kg ⁻¹)	0	0	0
Cinc	20.57	(mg·kg ⁻¹)	87.4	(mg·kg ⁻¹)	0	0	0
Cobre	22.04	(mg·kg ⁻¹)	135.2	(mg·kg ⁻¹)	0	0	0
Boro	6.57	(mg·kg ⁻¹)	55.29	(mg·kg ⁻¹)	0	0	0

Fuente: *Elaboración propia.*

La dosis de fertilización por ha propuesta para complementar los requerimientos obtenidos en la carta de análisis nutrimental del suelo se realizó utilizando 3 fertilizantes químicos para suplementar los macronutrientes N, P, K:

- 367 kg de urea.
- 20 kg de Fosfato diamónico (DAP).
- 381.3 kg de Cloruro de Potasio (KCl).

Para las necesidades de micronutrientes se calculó que la aplicación de composta y lixiviados suplementa en gran medida los requerimientos de micronutrientes. Para efectos de la evaluación se propuso la aplicación de los siguientes abonos orgánicos:

- Niveles de 100, 150 y 200 kg de composta
- 1.5 litros de lixiviado de humus de lombriz al suelo divididos en 3 aplicaciones mensuales.

La dosis de fertilización por hectárea obtenida con la metodología de balance nutrimental propuesta en base al análisis de suelo fue la siguiente:

Cuadro 7. Dosis de fertilización propuesta para tratamientos de balance nutrimental.

Fertilizante	kg ha ⁻¹	Kg árbol ⁻¹	kg por aplicación
Urea	367	1.84	0.92
Fosfato diamónico (DAP)	20	0.1	0.05
Cloruro de potasio	381.3	1.91	0.95

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 8. Dosis de fertilización propuesta por tratamientos.

Tratamientos	Componentes de la fertilización				
	Composta (kg)	Lixiviado al suelo (l)	Urea (kg)	DAP (kg)	KCl (kg)
T1	0	0	0	0	0
T2	0	0	0.92	0.05	0.95
T3	100	1.5	2 kg (20-10-05)		
T4	150	1.5	2 kg (20-10-05)		
T5	200	1.5	2 kg (20-10-05)		
T6	100	1.5	0.92	0.05	0.95
T7	150	1.5	0.92	0.05	0.95
T8	200	1.5	0.92	0.05	0.95

Fuente: *Elaboración propia.*

Es importante resaltar que se planteó realizar la fertilización química resultante del análisis nutrimental en dos aplicaciones. Diferentes circunstancias orillaron a solo una aplicación de la fertilización química resultante de la metodología antes descrita, por lo que se puede decir que la fertilización de estos tratamientos con balance nutrimental fue al 50% de lo obtenido en la recomendación.

3.3.3 Análisis y comparación de tratamientos de fertilización de aguacate

Desarrollo Radicular Superficial

Con la finalidad de ver si existían diferencias significativas por la aplicación de composta como acolchado y promotor raíces superficiales en aguacate

se realizó el análisis de varianza (ANOVA), el cual se obtuvo una significancia de 0.001, lo que demuestra que existe alta significancia en los diferentes tratamientos evaluados en cuanto al resultado de este parámetro

Cuadro 9. Estadísticos descriptivos para desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.

		95% del intervalo de confianza						
		Desviación			Error		para la media	
	N	Media	estándar	estándar	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	5	19.30	2.837	1.269	15.78	22.83	15	22
2	5	19.63	3.299	1.475	15.54	23.73	16	23
3	5	35.10	10.397	4.650	22.19	48.01	21	44
4	5	33.05	13.859	6.198	15.84	50.25	20	53
5	4	38.13	1.031	.515	36.49	39.77	37	39
6	4	27.22	4.560	2.280	19.96	34.48	23	34
7	4	38.75	3.787	1.893	32.73	44.78	35	42
8	4	28.15	2.299	1.149	24.49	31.81	25	31
Total	36	29.57	9.704	1.617	26.28	32.85	15	53

Fuente: *Paquete estadístico SPSS 20.*

Cuadro 10. Análisis de varianza de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.

	Suma de		Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1894.709	7	270.673	5.410	.001
Dentro de grupos	1400.835	28	50.030		
Total	3295.544	35			

Fuente: *Paquete estadístico SPSS 20.*

En la prueba de Tukey se obtuvieron tres subgrupos homogéneos que permiten ubicar los tratamientos con diferencias significativas. Los tratamientos con mayor cantidad de raíces nuevas fueron los que tuvieron niveles de medios a altos de composta aplicada al suelo. Cabe mencionar que el análisis de varianza resulta con diferencias significativas, específicamente hay diferencias significativas en todos los tratamientos que tuvieron aplicación de abono orgánico con respecto al grupo control y al tratamiento de balance nutrimental que no contempló el abono orgánico, por lo que se comprueba contundentemente que existe un impacto positivo en el

suelo que permitió el desarrollo de raíces nuevas desde la primera aplicación.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para desarrollo radicular superficial.

	Tratamiento	Medias	Subconjuntos
HSD Tukey	1	19.3	a
	2	19.63	ab
	6	27.22	abc
	8	28.15	abc
	4	33.05	abc
	3	35.1	bc
	5	38.13	c
	7	38.75	c

a, b y c=subconjuntos con diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05)

Fuente: *Elaboración propia*.

Como puede apreciarse en el Cuadro 11 es claro que la aplicación de composta mejoró la cantidad de raíces nuevas producidas por el aguacate. El desarrollo radicular evaluado puede impactar directamente en el siguiente ciclo de floración y producción de fruto, debido a que habrá una mayor cantidad de raíces con capacidad de absorber nutrientes y nutrir de mejor manera al árbol. La promoción de raíces nuevas podría permitir a árboles con problemas de enfermedades de raíz minimizar sus efectos y aumentar su rendimiento de manera paulatina. Los tratamientos sin aplicación de composta y lixiviados de humus de lombriz quedaron muy rezagados en cuanto a la producción de raíces nuevas.

Rendimiento de aguacate

En cuanto al análisis estadístico se procedió a hacer un análisis de varianza que presentó los siguientes datos para la media y desviación estándar por tratamiento:

Cuadro 12. Estadísticos descriptivos de análisis de varianza de rendimiento de aguacate.

Tratamiento	Desviación		
	Media	estándar	N
1	11.74	3.291	4
2	18.35	6.223	5
3	23.20	9.597	4
4	31.67	12.866	5
5	29.56	4.198	5
6	30.35	8.271	4
7	28.21	10.224	5
8	27.06	3.865	4
Total	25.23	9.724	36

Fuente: *Paquete estadístico SPSS 20.*

Con los datos obtenidos se realizó la prueba de igualdad de varianzas de Levene y los resultados del Análisis de varianza (ANOVA) del factor de rendimiento del experimento en cuestión, los cuales se presentan a continuación:

Cuadro 13. ANOVA de rendimiento de aguacate cv. Hass.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1445.164	7	206.452	3.100	.015
Dentro de grupos	1864.550	28	66.591		
Total	3309.714	35			

Fuente: *Paquete estadístico SPSS 20.*

Como puede verse en el Cuadro 13 existen diferencias significativas entre tratamientos, y con la prueba de Tukey se observan los subconjuntos homogéneos formados. En el Cuadro 14 se denota que los tratamientos sin aplicación de composta y lixiviado produjeron menos kg de frutos por árbol y por tanto se ubican dentro del subgrupo de menor producción.

Cuadro 14. Subconjuntos homogéneos de rendimiento de aguacate cv. Hass con prueba de Tukey.

	Tratamiento	Medias	Subconjuntos
	1	11.74	a
	2	18.35	ab
	3	23.2	ab
HSD	8	27.06	ab
Tukey	7	28.21	ab
	5	29.56	ab
	6	30.35	b
	4	31.67	b

a y b=subconjuntos con diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05)

Fuente: *Elaboración propia.*

Con la prueba de Tukey se obtuvieron dos subgrupos homogéneos donde se apreciaron diferencias significativas entre el tratamiento 1 (testigo) y el tratamiento 6 y 4, de 100 y 150 kg de aplicación de composta respectivamente. Se resalta que el mayor rendimiento fue en los tratamientos con niveles medios de aplicación de composta.

El rendimiento por tratamiento evaluado (Cuadro 14) muestra que el comportamiento de esta variable fue superior donde hubo aplicación de composta pero en niveles medios, esto debido posiblemente a que aplicaciones altas de composta repercutan en la retención temporal de nutrimentos al árbol que influyan en rendimientos menores en el corto plazo.

Correlaciones de parámetros nutrimentales con medias de rendimiento y desarrollo radicular superficial

La matriz de correlaciones de Pearson arrojó diferentes datos que reportan significancia respecto a las medias obtenidas de rendimiento y desarrollo radicular del diseño experimental evaluado y su relación con la cantidad en el suelo de nutrimentos específicos. A continuación se muestra el Cuadro 15 de las correlaciones de rendimiento con los datos nutrimentales obtenidos en los muestreos finales del experimento y que presentan algún tipo de correlación.

Cuadro 15. Correlaciones concentración nutrimental-rendimiento.

Variable	Concepto	Desarrollo		
		radicular	K	B
Rendimiento	Correlación	.727	.700	.762
	Sig. (bilateral)	.041	.053	.028
	N	8	8	8

Fuente: *Elaboración propia.*

Se puede apreciar que el rendimiento presentó una correlación positiva con el desarrollo radicular, es decir, que a mayor cantidad de raíces la planta pudo absorber de mejor manera los nutrimentos necesarios para aumentar el rendimiento de los frutos. De igual manera el B presentan una correlación positiva con el rendimiento considerando una significancia de $\alpha=0.05$. El K estuvo muy cerca de presentar significancia con el parámetro de rendimiento.

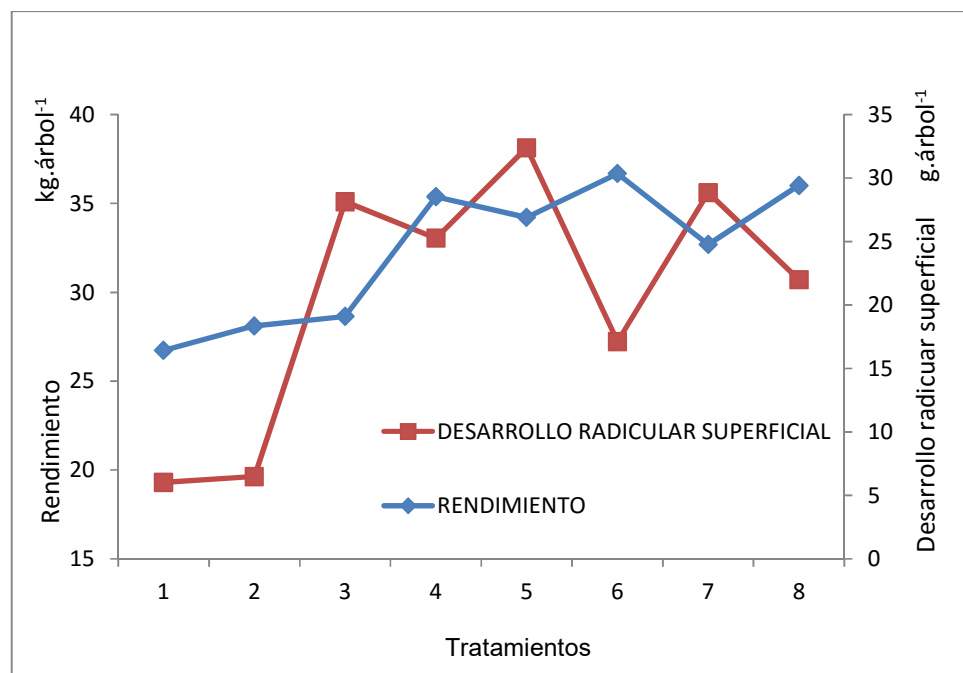


Figura 5. Gráfica de correlación entre rendimiento y desarrollo radicular de aguacate cv. Hass.

Cuadro 16. Correlaciones concentración nutrimental-desarrollo radicular superficial.

Variable	Concepto	Rendimiento	C	MO	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	B
Desarrollo radicular	Correlación	.727*	.742*	.741*	.700	.849**	.758*	.847**	.933**	.941**
	Sig. (bilateral)	.041	.035	.035	.053	.008	.029	.008	.001	.000
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Fuente: *Elaboración propia.*

En cuanto al desarrollo radicular se observó que hay una correlación positiva con C, Materia Orgánica, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y B, lo que coincide con Yamada (2000) quien menciona que el Ca y el B son nutrientes de fundamental importancia para el desarrollo de las yemas apicales y de las puntas de las raíces. Sin estos nutrientes se paraliza el crecimiento de nuevos brotes y el de nuevas raíces, y que para que se desarrolle un buen sistema radicular es preciso que el B esté en cantidades adecuadas en el sitio mismo donde crecen las raíces (junto con el Ca).

Linderman (1989) menciona que con incrementar la materia orgánica en el suelo hay un incremento en la concentración de nutrimentos y en las poblaciones microbianas y que ofrece al suelo una aireación y capacidad de drenaje que evita un exceso de agua, lo cual da las condiciones necesarias para un óptimo desarrollo radicular. Las aplicaciones de composta y lixiviados de humus de lombriz contenían cantidades importantes de microelementos que en general elevaron el nivel de estos últimos en el suelo de todas las unidades experimentales evaluadas a las que se aplicaron.

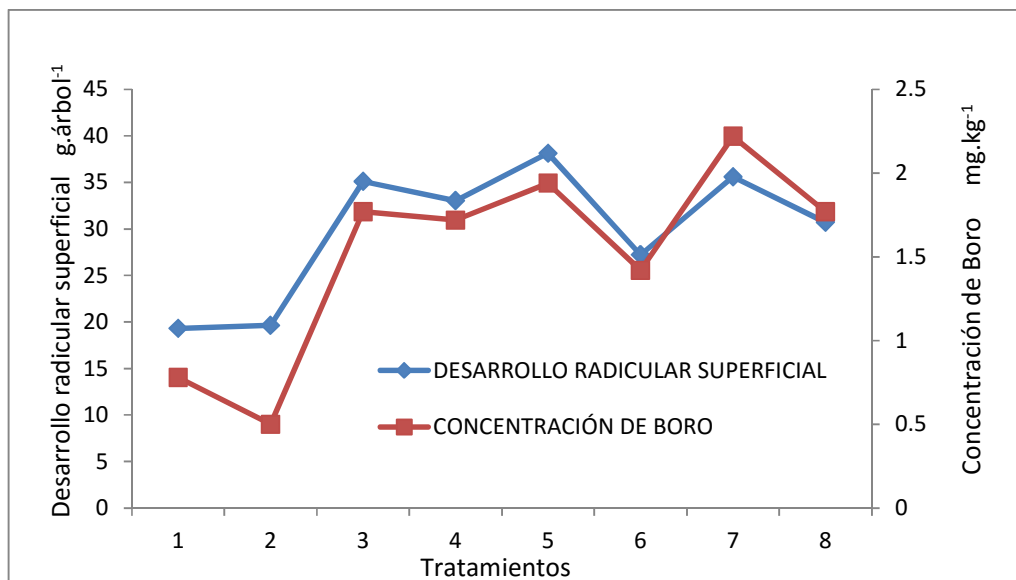


Figura 6. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutricional de B en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.

En la Figura 6 se puede apreciar la alta correlación que tuvo el desarrollo radicular superficial con las concentraciones de B en los diferentes tratamientos. El patrón de la línea de las gráficas es muy similar entre ambos parámetros. De igual manera el Cu y Zn presentaron los mismos patrones de correlación con el desarrollo radicular (Figura 7 y 8).

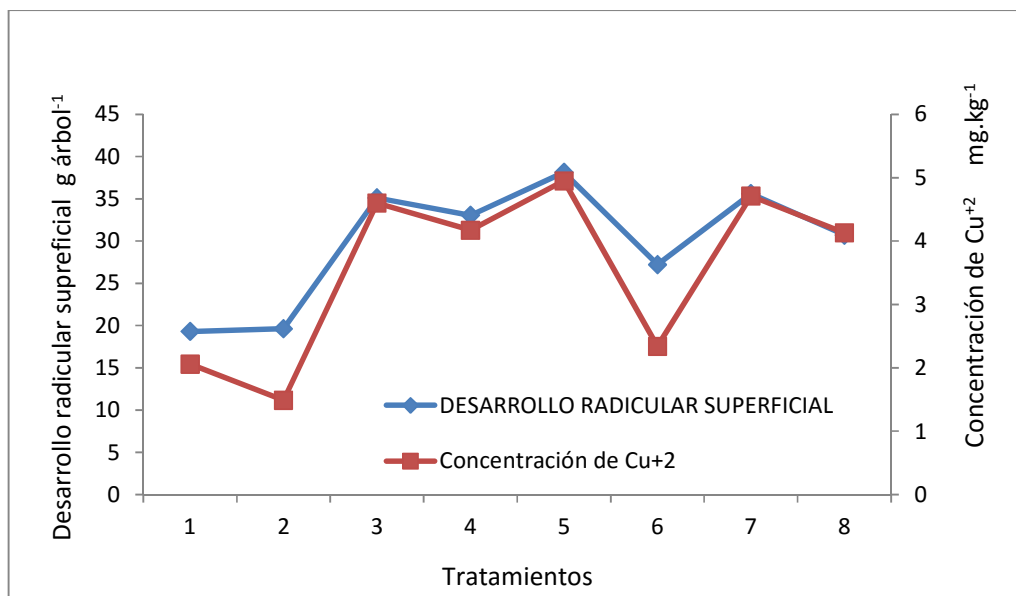


Figura 7. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutricional de Cu^{+2} en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.

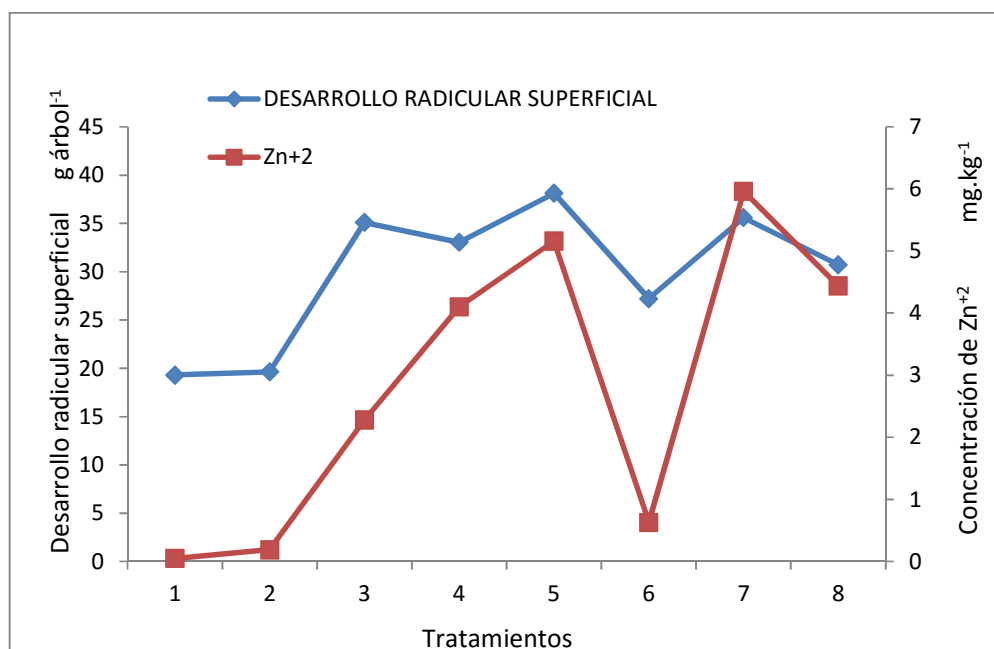


Figura 8. Gráfica de correlación entre desarrollo radicular y concentración nutrimental de Zn⁺² en el suelo posterior a los tratamientos de fertilización aplicados.

3.4 CONCLUSIONES

- La aplicación de abonos orgánicos como composta y lixiviado de humus de lombriz suple cierta demanda nutrimental del cultivo de aguacate, pero debe ser considerada como complemento de un manejo más holístico del sistema productivo, además como enmiendas mejoradoras de la fertilidad del suelo que permitirán en un corto a mediano plazo mejorar ciertas características productivas.
- Respecto al rendimiento del cultivo de aguacate, podemos deducir que la aplicación de abonos orgánicos no actúa de manera inmediata en el sistema en este aspecto productivo, sino que va generando las condiciones necesarias para mejorar la productividad en ciclos posteriores, como se apreció en el desarrollo radicular superficial evaluado, CIC, etc.
- En desarrollo radicular superficial se apreció una respuesta favorable en los tratamientos en los cuales los abonos orgánicos formaron

parte, por lo que se puede concluir que si existe un efecto en esta variable analizada. Dicho desarrollo radicular permitirá un mejor aprovechamiento de la fertilización, así como una mejor sanidad respecto a problemas de enfermedades de raíz.

IV. EVALUACIÓN FINANCIERA Y PRODUCTIVA DE UNA PROPUESTA DE SISTEMA AGROSILVÍCOLA DE AGUACATE CON CULTIVO DE ALFALFA EN CALLEJONES

RESUMEN

Los sistemas agroforestales han demostrado en diversos estudios ser más productivos y económicamente más rentables que los sistemas de producción en monocultivo. Las diferentes opciones agroforestales y la correcta instrumentación de tecnologías agroforestales que incrementen la productividad y rentabilidad de los actuales sistemas de monocultivo se hacen cada vez más necesarias para poder producir alimentos en mayor cantidad y calidad con el aprovechamiento de los recursos locales y la conservación de los recursos naturales. Dichas tecnologías agroforestales deben ser seleccionadas de manera específica, promoviendo la utilización de especies de alto valor con la finalidad de generar incentivos para su adopción. El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación financiera a través de la relación beneficio costo (B/C) y el Valor Actual Neto (VAN) así como una evaluación productiva mediante el Uso Equivalente de la Tierra (UET) de un sistema de monocultivo de aguacate, un monocultivo de alfalfa, un sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional y un sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con diagnóstico nutrimental en aguacate. Para ello se sistematizaron costos de producción de una huerta de aguacate en monocultivo de la zona de Huaquechula, Puebla, así como de un monocultivo de alfalfa de la misma región y se proyectaron costos de producción de los sistemas agrosilvícolas de aguacate-alfalfa en cultivo en callejones con los diferentes tipos de manejo en fertilización edáfica. Se obtuvo una B/C de 1.32 y 1.64 para los monocultivos de aguacate y alfalfa respectivamente, mientras que para los sistemas agrosilvícolas el sistema que contempló fertilización convencional tuvo una B/C de 1.52 y el de fertilización de diagnóstico nutrimental de 1.58. El UET fue de 1.43, demostrando que la productividad del sistema agrosilvícola propuesto es mayor al monocultivo de aguacate convencional, representando así una alternativa susceptible de ser implementada.

Palabras clave: agrosilvícola, indicadores financieros, uso equivalente de la tierra.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: José Luis Campos Mariscal.

Dirección de tesis: Dr. Ranferi Maldonado Torres.

IV. FINANCIAL AND PRODUCTIVE EVALUATION OF AN AVOCADO- ALFALFA ALLEY CROPPING AGROFORESTRY SYSTEM

ABSTRACT

Several studies have shown that agroforestry systems are more productive and economically profitable than monoculture production systems. The different agroforestry options and the correct implementation of agroforestry technologies that increase the productivity and profitability of current monoculture systems are increasingly necessary to produce food in greater quantity and quality with the use of local resources and the conservation of natural resources. Such agroforestry technologies should be selected specifically, promoting the use of high-value species in order to create incentives for their adoption. The aim of this study was to conduct a financial evaluation through the benefit-cost ratio (B/CR) and Net Present Value (NPV) and a productive evaluation by the Land Equivalent Ratio (LER) of an avocado monoculture system, an alfalfa monoculture, an avocado-alfalfa alley cropping agroforestry system with conventional fertilization and an avocado-alfalfa alley cropping agroforestry system with fertilization with nutrient diagnosis. For this, production costs of an avocado monoculture orchard in the area of Huaquechula, Puebla, as well as of a alfalfa monoculture crop in the same region were systematized. Moreover, the production costs of the avocado-alfalfa alley cropping agroforestry systems with different types of soil fertilization management were projected. A B/CR of 1.32 and 1.64 was obtained for the avocado and alfalfa monocultures respectively, while for the agroforestry systems the one with conventional fertilization had a B/CR of 1.52 and the other based on a nutrient fertilization diagnosis had a value of 1.58. The LER was 1.43, showing that the productivity of the proposed agroforestry system is higher than that of a conventional avocado monoculture system, thus representing a suitable alternative for being implemented.

Keywords: Agroforestry, financial indicators, land equivalent ratio.

Master in Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo.
Author: José Luis Campos Mariscal.
Advisor: Dr. Ranferi Maldonado Torres.

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación financiera a través de la relación beneficio costo (B/C) y el Valor Actual Neto (VAN) así como una evaluación productiva mediante el Uso Equivalente de la Tierra (UET) de un sistema de monocultivo de aguacate, un monocultivo de alfalfa, un sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional y un sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con diagnóstico nutrimental en aguacate.

Es clara la necesidad de evaluar los sistemas agroforestales desde el ámbito financiero y productivo con la finalidad de generar la información necesaria para que estas tecnologías agroforestales sean seleccionadas de manera adecuada a través de la promoción de especies de alto valor con la finalidad de generar incentivos para su adopción por parte de los productores.

En el caso específico del monocultivo de aguacate en la región de Huaquechula, Puebla, se presenta un fenómeno de cambio de uso de suelo en el que anteriormente se producían cultivos de autoconsumo por monocultivos cuyos productos son de alto valor comercial pero cuya implementación requiere de una inversión considerable por parte del productor así como de cierto nivel de conocimientos del sistema productivo para obtener resultados satisfactorios.

Existe en la zona una gran cantidad de sistemas agroforestales que han demostrado en la práctica ser más productivos y rentables que los monocultivos, sin embargo es necesaria la sistematización de estas experiencias así como el diseño de sistemas agroforestales en base a dicha información.

Una investigación realizada en el estado de Michoacán por Montiel *et al.* (2008) con la finalidad de proponer alternativas agroforestales para el manejo de monocultivo de aguacate incluyó la evaluación del sistema agroforestal aguacate-café-guayaba, en relación con el sistema de monocultivo de aguacate. Los autores concluyen que las prácticas agroforestales bajo plantaciones de aguacate son más productivas y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo. Por lo tanto, las opciones agroforestales pueden servir como base para el diseño y

la promoción de tecnologías agroforestales que incrementen la productividad y rentabilidad de los actuales sistemas de monocultivo. Los resultados indican que, al incorporar mayor diversidad biológica a los sistemas de monocultivo, se obtienen mayores beneficios económicos y menor riesgo, tanto ambiental como económico, ya que su productividad no depende de una sola especie vegetal. También concluyen que en el diseño y la promoción de sistemas agroforestales en plantaciones de aguacate se requiere de una selección cuidadosa de especies de alto valor, probablemente para que su implementación resulte atractiva al productor desde el punto de vista económico.

Luna (2012) realizó una evaluación agroforestal en el municipio de Jalacingo, Veracruz, haciendo una comparación de los sistemas agrosilvícolas con asociaciones de maíz-aguacate-ciruela y maíz-ciruela; describiéndolos desde una perspectiva técnica y de producción agronómica y estimando la relación Beneficio Costo (B/C) de la producción anual de las parcelas de los productores de la zona. Concluyó que los dos sistemas agroforestales (maíz-aguacate-ciruela y maíz-ciruela) se adaptan a las condiciones ecológicas y son rentables y resilientes a los problemas de la zona.

Una herramienta útil para el estudio y evaluación de sistemas de cultivos intercalados según Gliessman (2002) es el Uso Equivalente de la Tierra (UET) conocido en inglés como Land Equivalent Ratio (LER). El UET provee una medida de “que todas las cosas han de ser igual”, en las ventajas de rendimiento obtenido por sembrar dos o más cultivos intercalados, comparados con los mismos cultivos sembrados en forma separada como monocultivos. El UET nos permite ir más allá de una descripción del patrón de diversidad en un análisis de las ventajas de cultivos intercalados.

Montiel *et al.* (2008) obtuvieron un UET de 2.30, el cual resulta del sistema agrosilvícola aguacate, en combinación interactiva con café y guayaba. Los valores indican que los componentes del sistema en condiciones de monocultivo requieren de 1.30 unidades más de superficie de tierra para igualar la productividad que se alcanza con el sistema agrosilvícola. El UET que se obtuvo se considera alto, debido a que los rendimientos que tienen el

aguacate, el café y la guayaba en el sistema agrosilvícola no son muy bajos, comparados con los que se obtienen en el sistema de monocultivo, sobre todo los rendimientos del aguacate y el café. En este sentido es importante resaltar que la productividad ecológica de los sistemas agrosilvícolas está muy relacionada con la eficiencia de los arreglos ecológicos que se presentan, donde se hace un mejor aprovechamiento del espacio y los recursos disponibles del sistema en la misma unidad de tierra.

Los indicadores financieros y productivos obtenidos en el presente estudio facilitarán la toma de decisiones al productor que permitan mejorar el manejo del monocultivo de aguacate hasta llegar a transformarlo en un mediano plazo en un sistema agrosilvícola del que obtenga mayores ingresos y beneficios que se podrán traducir en una mejor calidad de vida para él y su familia.

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 Diagnóstico de sistema de producción

Se realizó una visita a la zona con la finalidad de encontrar algún productor cooperante para la realización del proyecto de investigación. Una vez ubicado este productor, se recorrieron las huertas con las que el productor cuenta y se procedió a proponer la utilización de tres filas de aguacate completas de producción de una huerta de aguacate cv. Hass de 1.5 ha.

Se realizó un diagnóstico productivo de la huerta de aguacate a utilizar para caracterizar el sistema de producción de aguacate en cuanto a prácticas de manejo como fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades para obtener los costos de producción del monocultivo de aguacate por ha.

4.3.2 Propuesta de sistema agrosilvícola de aguacate con cultivo de alfalfa en callejones

Con la finalidad de aumentar la diversidad del sistema de producción, reducir costos de producción, realizar un mejor uso del espacio del monocultivo de aguacate y generar una diversificación de ingresos atractiva al productor, se realizó una propuesta de cultivos a emplearse en los callejones del cultivo de

aguacate. Después de analizar varias opciones en conjunto con el productor se concertó como propuesta la tecnología del cultivo de alfalfa en callejones, ya que dicha especie utilizada en esta tecnología tiene las siguientes ventajas:

- Porte bajo de que permite realizar las labores culturales y de cosecha del aguacate sin mayor problema.
- Cortes periódicos que evitan que el cultivo funja como hospedero de plagas.
- Cultivo de alto valor comercial con buen mercado y precio en la región.
- Especie fijadora de nitrógeno que generará interacciones positivas en la cuestión nutrimental del sistema agroforestal.
- Debido a su manejo permite el ahorro de ciertos conceptos en el control de malezas y labores culturales del aguacate.

Se definió al sistema agroforestal propuesto como sistema agrosilvícola de producción de aguacate con tecnología de cultivo de alfalfa en callejones.

Se tomaron en cuenta los espacios por callejón del predio y se hizo un análisis de los costos de producción de alfalfa que el productor tendría que realizar para poder formar el sistema agrosilvícola de aguacate con tecnología de cultivo de alfalfa en callejones.

Se obtuvieron también los costos de producción y rendimientos por unidad de superficie de ambos componentes del sistema agrosilvícola propuesto pero de manera independiente, es decir, como si fueran considerados monocultivos. De la misma forma se calcularon los mismos conceptos para el sistema agroforestal considerando la interacción de ambas especies en el arreglo espacial propuesto.

Se evaluó el sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa tomando en cuenta tanto la fertilización convencional que el productor realiza así como la fertilización recomendada que se obtuvo de un diagnóstico nutrimental realizado anteriormente considerando también el uso de abonos orgánicos, por lo que

en total se evaluaron costos de producción de los siguientes sistemas productivos:

- Monocultivo de aguacate con fertilización convencional.
- Monocultivo de alfalfa.
- Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional de aguacate.
- Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate.

4.3.3 Relación Beneficio Costo (B/C) y Valor Actual Neto (VAN)

Los indicadores financieros de los sistemas de producción a evaluar fueron Relación B/C VAN.

Para la variable rendimiento se consideró para la evaluación el año seis de una plantación comercial.

Para la obtención de los indicadores financieros Relación B/C y VAN se actualizaron los costos y beneficios a precios del año 2015. Los precios de los productos de los sistemas evaluados se basaron en información del Sistema Nacional de información e integración de Mercados para la central de abastos de Puebla.

Para la obtención de los costos de producción no se tomaron en cuenta labores de establecimiento inicial de la huerta. Sin embargo se consideró el costo de los árboles para el análisis de las depreciaciones con el objetivo de considerar un costo anual de estos basándose en el concepto de activo biológico conforme a los parámetros de estimación de vida útil (Diario Oficial de la Federación, 2012). La depreciación se asumió de manera lineal y fue calculada dividiendo el costo del equipo entre el número de años de vida útil calculado.

4.3.4 Uso Equivalente de la Tierra (UET)

La determinación del UET se obtuvo mediante la metodología empleada por Gliessman (2002).

$$UET = \sum \frac{Yp_i}{Ym_i}$$

Dónde: Yp fue la producción de cada cultivo en los sistemas agrosilvícolas aguacate-alfalfa y Ym fue la cosecha de cada cultivo *per se* o en monocultivo. Para cada cultivo (*i*) se calculó la tasa o razón para determinar el UET parcial para cada cultivo, entonces los UET parciales se sumaron para dar el UET total para el sistema agrosilvícola considerando los rendimientos del año 6 de plantación.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1 Diagnóstico del sistema de producción de aguacate en monocultivo

La parcela de experimentación es propiedad del señor Erick Tufiño Domínguez, de la localidad de Tlapetlahuaya, Huaquechula, Puebla. Cuenta con 1.5 ha de aguacate cv. Hass con las siguientes condiciones.

- Edad de la plantación: 6 años
- Distancia entre plantas: 7 metros.
- Distancia entre filas: 7 metros.
- Cantidad de filas de árboles: 22.
- Total de árboles: 300

Para el manejo de plagas y enfermedades se hace referencia al uso de los siguientes plaguicidas con su respectivo agente a controlar que se utilizan en la huerta del sistema de producción convencional.

Cuadro 17. Productos para el control de plagas de aguacate empleadas en el sistema de aguacate convencional.

Producto	Plaga a controlar
Permetrina al 34%	Minador de la hoja del aguacate (<i>Gracillaria sp.</i>), palomilla del hueso
	del aguacate (<i>Stenoma catenifer</i>), barrenador grande del hueso (<i>Heilipus lauri</i>), barrenador pequeño del hueso (<i>Conotrachelus aguacatae</i>).
Spinoteram	Control de trips (<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Scirtothrips perseae</i>)
Acefate	Trips del aguacate (<i>Scirtothrips perseae</i>)
Abamectina	Control de ácaros

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 18. Productos para el control de enfermedades de aguacate empleadas en el sistema de aguacate convencional.

Producto	Enfermedad a controlar
Carbendazim	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), Cercospora (<i>Cercospora purpurea</i>), Scab (<i>Elsinoe persea</i>)
Binolate	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), fumagina (<i>Capnodium sp.</i>), mancha de la hoja del aguacate (<i>Cercospora purpurea</i>), roña o sarna del fruto del aguacate (<i>Sphaceloma perseae</i>).
Sulfato de cobre pentahidratado	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), fumagina (<i>Capnodium sp.</i>), roña o sarna del fruto del aguacate (<i>Sphaceloma perseae</i>). Pudrición de la raíz o marchitez del aguacatero (<i>Phytophthora cinnamomi</i> rands), <i>Cercospora</i> (<i>Cercospora purpurea</i> Cooke),
Clorotaloniil	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), <i>Fusarium</i> .
Piraclostrobina (head line)	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
Metalaxyl	tristeza del aguacate (<i>Phytophthora cinnamomi</i>)
Atsabiotico	Enfermedades fúngicas en general Pudrición de la raíz o marchitez del aguacatero (<i>Phytophthora cinnamomi</i> rands), <i>Cercospora</i> (<i>Cercospora purpurea</i> Cooke),
Mancoceb	Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), <i>Fusarium</i> .

Fuente: *Elaboración propia.*

Con la finalidad de complementar la fertilización edáfica se emplean una serie de productos para aplicación foliar que contienen diversos nutrimentos, hormonas y otros elementos que tienen como finalidad la nutrición y corrección de carencias nutrimentales en el aguacate. A continuación se enlistan los productos utilizados por el productor en el ciclo de producción: Everex (micronutrientes), Nutre CaB (producto elaborado a base de Ca y B), Nutri Amarre, Sintek, Ácidos fúlvicos, Quel-Zinc, Multi Alga y Nutrivigor. Las aplicaciones foliares se realizan de manera mensual y los productos varían con cada aplicación.

A continuación se presentan los costos de producción del sistema de aguacate convencional que el productor tiene actualmente considerando las actividades que realiza ciclo con ciclo.

Cuadro 19. Costos de producción anual de aguacate convencional al año seis de producción.

Descripción	Costos de producción (\$) ^z		
	Costos tangibles	Mano obra total/ciclo	Subtotal (\$)
Manejo de plagas	3,586.00	2,250.00	5,836.00
Manejo de enfermedades	3,830.00	2,250.00	6,080.00
Nutrición foliar	3,140.00	3,600.00	6,740.00
Fertilización edáfica	8,670.00	1,500.00	10,170.00
Control de malezas	5,960.00	1,200.00	7,160.00
Riego	8,930.88	5,400.00	14,330.88
Labores de cultivo		9,900.00	9,900.00
Totales	34,116.88	26,100.00	60,216.88

^z Costos actualizados a 2015.

Fuente: *Elaboración propia.*

Estos costos de producción están estimados para un año en plena producción, por lo que no se toman en cuenta labores de establecimiento inicial de la huerta. Sin embargo se consideró el costo de los árboles para el análisis de las depreciaciones con el objetivo de considerar un costo anual de estos basándose en el concepto de activo biológico, Cuadro 20.

Cuadro 20. Depreciaciones de activos fijos del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional al año seis de producción.

Equipo y materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal	Vida Útil	Depreciación
			Unitario (\$)	(\$)	(Años)	Anual (\$)
Árbol de aguacate	Pieza	200	60	12,000	15	800
Bomba de agua	Pieza	1	4,500	4,500	5	900
Mochila aspersora	Pieza	2	700	1,400	5	280
Sistema de riego	Paquete	1	30,000	30,000	5	6,000
Herramienta	Paquete	1	3,000	3,000	5	600
Camioneta	Pieza	1	40,000	40,000	10	4,000
Total						11,780

Fuente: *Elaboración propia.*

Los parámetros productivos del sistema de producción convencional de aguacate cv. Hass se elaboraron considerando el rendimiento del año seis. Los precios del producto se basaron en información del Sistema Nacional de información e integración de Mercados para la central de abastos de Puebla considerando los meses de cosecha de la huerta.

Cuadro 21. Parámetros productivos del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional en el año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Superficie (ha)	1
Cortes por año	2
Corte principal (% producción)	70%
Corte secundario (% producción)	30%
Rendimiento por ha promedio (kg)	8,500
Rendimiento por floración principal (kg)	5,950.00
Rendimiento por floración secundario (kg)	2,550.00
Precio promedio floración principal (\$)	10.00
Precio promedio floración secundaria (\$)	14.00
Valor de la producción por año (\$)	95,200.00

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 22. Indicadores financieros del sistema de producción monocultivo de aguacate convencional en el año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Beneficios totales actualizados (\$)	95,200.00
Costos totales actualizados (\$)	71,996.88
Relación B/C	1.32
VAN	23,203.12

Fuente: *Elaboración propia.*

Se muestra que el monocultivo de aguacate es rentable ya que presenta una Relación B/C mayor que uno, y que además de dar empleo durante todo el año al productor genera una utilidad de \$23,203.12 por año.

4.4.2 Análisis de costos de producción de monocultivo de alfalfa

Los costos de producción de la alfalfa establecida como monocultivo por unidad de superficie (ha) se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Costos de producción de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo (\$)	Mano de obra (\$)	Subtotal (\$)
Riego						10,320.00
Agua	Hora	84	80.00	6,720.00		6,720.00
Mano de obra	Jornal	24	150.00		3,600.00	3,600.00
Fertilización						2,500.00
Lixiviado de humus de lombriz	Litro	100	10.00	1,000.00		1,000.00
Aplicación	Jornal	10	150.00		1,500.00	1,500.00
Cosecha						26,300.00
Corte	Servicio	10	800.00	8,000.00		8,000.00
Hilerada	Servicio	10	600.00	6,000.00		6,000.00
Empacada	Elaboración de paca	880	10.00	8,800.00		8,800.00
Acarreo	Jornal	10	150.00		1,500.00	1,500.00
Flete	Servicio	20	100.00	2,000.00		2,000.00
			Total	32,520.00	6,600.00	39,120.00

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 24. Depreciaciones y amortizaciones de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.

Equipo y materiales	Unidades	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)	Vida Útil (Años)	Depreciación Anual (\$)
Mochila aspersora	Pieza	1	700	700	5	140
Herramienta	Paquete	1	3,000	3,000	5	600
Semilla y rhizobium	Paquete	1	8,070	8,070	5	1,614
Camioneta	Pieza	1	40,000	40,000	10	4,000
						6,354

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 25. Costos de producción resumidos de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.

Descripción	Costos tangibles (\$)	Mano obra Total/ciclo (\$)	Subtotal (\$)
Riego	6,720.00	3,600.00	10,320.00
Fertilización	1,000.00	1,500.00	2,500.00
Cosecha	24,800.00	1,500.00	26,300.00
Totales	32,520.00	6,600.00	39,120.00

Fuente: *Elaboración propia.*

El Cuadro 25 muestra que dentro de los costos de producción para el monocultivo de alfalfa el aspecto que impacta de mayor manera es la cosecha, ya que se realizan aproximadamente 10 cosechas por año que va desde el corte hasta la elaboración de pacas de la alfalfa.

Cuadro 26. Parámetros productivos para monocultivo de alfalfa en el año dos de producción.

Concepto	Cantidad
Superficie (ha)	1
Cortes por año	10.00
Rendimiento por superficie útil (kg)	22,000.00
Precio promedio por paca de 25 kg (\$)	85.00
Precio promedio por kg (\$)	3.40
Valor de la producción por año (\$)	74,800.00

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 27. Indicadores financieros de monocultivo de alfalfa.

Concepto	Cantidad
Beneficios totales actualizados (\$)	74,800.00
Costos totales actualizados (\$)	45,474.00
Relación B/C	1.64
VAN	29,326.00

Fuente: *Elaboración propia.*

El análisis financiero realizado para esta especie forrajera arroja una relación B/C de 1.64, lo que representa la buena rentabilidad del cultivo, es decir, que por cada peso invertido se ganan 64 centavos libres de inversión.

4.4.3 Análisis de costos de producción de sistema agrosilvícola propuesto

En cuanto a los costos de producción propuestos para el sistema agrosilvícola compuesto por aguacate y alfalfa se realizaron dos propuestas, la primera en donde el la fertilización es convencional, es decir, la que ha venido realizando el agricultor, y la segunda en donde se proponen algunas actividades de manejo tales como la fertilización en base a la metodología de diagnóstico nutrimental del cultivo así como la aplicación de abonos orgánicos.

Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional de aguacate.

Los costos de producción del sistema agrosilvícola Aguacate-Alfalfa se muestran en el Cuadro 28 y consideran las interacciones de ambos cultivos en un mismo espacio de tierra. Dichos conceptos se consideran por ha. Cabe mencionar que se consideraron las características y arreglo de plantación de la huerta en experimentación, cuyos árboles están plantados en marco real a 7 m, así como el manejo que el productor realiza a su huerta ciclo con ciclo.

Cuadro 28. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo de callejones con fertilización convencional al año seis de producción.

Descripción	Costos de producción (\$)		Subtotal (\$)
	Costos tangibles (\$)	Mano obra (\$)	
Manejo de plagas	3,586.00	2,250.00	5,836.00
Manejo de enfermedades	3,830.00	2,250.00	6,080.00
Nutrición foliar	3,368.57	4,242.86	7,611.43
Fertilización edáfica	8,670.00	1,500.00	10,170.00
Control de malezas	760.00	2,250.00	3,010.00
Riego	11,810.88	6,942.86	18,753.74
Labores de cultivo	0.00	9,900.00	9,900.00
Cosecha de alfalfa	11,148.57	1,500.00	12,648.57
Totales	43,174.02	30,835.71	74,009.74

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 29. Depreciaciones y amortizaciones de activos del sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.

Equipo y materiales	Unidades	Cantidad	Precio		Vida Útil (Años)	Depreciación Anual (\$)
			Unitario (\$)	Subtotal (\$)		
Árbol de aguacate	Pieza	200	60	12,000	15	800
Bomba de agua	Pieza	1	4,500	4,500	5	900
Mochila aspersora	Pieza	2	700	1,400	5	280
Sistema de riego	Paquete	1	30,000	30,000	5	6,000
Herramienta	Paquete	1	3,000	3,000	5	600
Camioneta	Pieza	1	40,000	40,000	10	4,000
Semilla y rhizobium	Paquete	1	8,070	8,070	5	1,614
Total						14,194

Fuente: *Elaboración propia.*

Observando los parámetros productivos del sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa con manejo convencional se aprecia que este se vuelve mucho más rentable que el monocultivo de aguacate, debido a que algunas labores culturales se vuelven más eficientes, se aminoran costos de producción y se mejora la productividad del sistema productivo por unidad de superficie, algo importante considerando la gran cantidad de pequeños productores que están incursionando en el cultivo de aguacate, pues si implementaran un sistema agroforestal del tipo evaluado podrían obtener mayores beneficios en una menor superficie.

Cuadro 30. Parámetros productivos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Aguacate	
Superficie (ha)	1
Cortes por año	2
Corte principal (% producción)	70
Corte secundario (% producción)	30
Rendimiento por ha promedio (kg)	8,500
Rendimiento por floración principal (kg)	5,950
Rendimiento por floración secundario (kg)	2,550
Precio promedio floración principal (\$)	10.00
Precio promedio floración secundaria (\$)	14.00
Valor de la producción por año (\$)	95,200.00
Alfalfa	
Superficie (ha)	4.286
Cortes por año	10
Rendimiento por superficie útil (kg)	9,428.57
Precio promedio por paca de 25 kg (\$)	85.00
Precio promedio por kg (\$)	3.40
Valor de la producción por año (\$)	32,057.14

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 31. Indicadores financieros de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo den callejones con fertilización convencional al año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Beneficios totales actualizados (\$)	134,057.14
Costos totales actualizados (\$)	88,203.74
Relación B/C	1.52
VAN	45,853.41

Fuente: *Elaboración propia.*

El sistema agrosilvícola convencional tiene una relación B/C mayor que del monocultivo de aguacate convencional. El VAN muestra que la utilidad del sistema agrosilvícola convencional es mayor a cualquiera de los dos monocultivos evaluados anteriormente.

El sistema agrosilvícola tiene una relación B/C mayor que del monocultivo de aguacate pero menor que el monocultivo de alfalfa, debido a que la superficie útil para el cultivo de alfalfa se ve disminuida por las filas de aguacate. El VAN muestra que la utilidad del sistema agrosilvícola es mayor a cualquiera de los dos monocultivos evaluados anteriormente, Cuadro 31.

Sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate

Para el análisis financiero de este sistema agroforestal se cambiaron algunos aspectos de fertilización basándose en los requerimientos nutrimentales del cultivo de aguacate obtenidos mediante al análisis de suelo. Se consideró la aplicación de composta y lixiviado de humus de lombriz, cuya propuesta es que en un corto plazo sean tecnologías de las que se apropie el productor y que permitan mejorar paulatinamente la fertilidad del suelo y eficientar la fertilización.

Cuadro 32. Costos totales de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.

Descripción	Costos de producción (\$)		
	Costos tangibles (\$)	Mano obra (\$)	Subtotal (\$)
Manejo de plagas	3,586.00	2,250.00	5,836.00
Manejo de enfermedades	3,830.00	2,250.00	6,080.00
Nutrición foliar	2,315.00	4,242.86	6,557.86
Fertilización edáfica	19,241.32	2,100.00	21,341.32
Control de malezas	760.00	2,250.00	3,010.00
Riego	11,810.88	6,942.86	18,753.74
Labores de cultivo	0.00	9,900.00	9,900.00
Cosecha de alfalfa	11,148.57	1,500.00	12,648.57
Totales	52,691.77	31,435.71	84,127.48

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 33. Depreciaciones de activos fijos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.

Equipo y materiales	Unidades	Cantidad	Precio	Subtotal	Vida	Depreciación Anual (\$)
			Unitario (\$)		Útil (Años)	
Árbol de aguacate	Pieza	200	60	12,000	15	800
Bomba de agua	Pieza	1	4,500	4,500	5	900
Mochila aspersora	Pieza	2	700	1,400	5	280
Sistema de riego	Paquete	1	30,000	30,000	5	6,000
Herramienta	Paquete	1	3,000	3,000	5	600
Camioneta	Pieza	1	40,000	40,000	10	4,000
Semilla y rhizobium	Paquete	1	8,070	8,070	5	1,614
Total						14,194.00

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 34. Parámetros productivos de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Aguacate	
Superficie (ha)	1
Cortes por año	2
Corte principal (% producción)	70
Corte secundario (% producción)	30
Rendimiento por ha promedio (kg)	11,000
Rendimiento por floración principal (kg)	7,700
Rendimiento por floración secundario (kg)	3,300
Precio promedio floración principal (\$)	10.00
Precio promedio floración secundaria (\$)	14.00
Valor de la producción por año (\$)	123,200.00
Alfalfa	
Superficie (ha)	4.286
Cortes por año	10.00
Rendimiento por superficie útil (kg)	9,428.57
Precio promedio por paca de 25 kg (\$)	85.00
Precio promedio por kg (\$)	3.40
Valor de la producción por año (\$)	32,057.14

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 35. Indicadores financieros del sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en el año seis de producción.

Concepto	Cantidad
Beneficios totales actualizados (\$)	155,257.14
Costos totales actualizados (\$)	98,321.48
Relación B/C	1.58
VAN	56,935.66

Fuente: *Elaboración propia.*

La relación B/C del sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate en un año pleno de producción es un 16% mayor que la relación B/C del monocultivo de aguacate y un 4% mayor que el sistema agrosilvícola que considera la fertilización convencional en aguacate. El VAN muestra que hay una mayor utilidad financiera que en cualquier otro sistema evaluado en el estudio, lo cual es generado por el mejor aprovechamiento del espacio y el aumento en productividad de los componentes del sistema agrosilvícola.

4.4.4 Comparación de indicadores financieros de sistemas productivos

Los sistemas de producción analizados son rentables por sí mismos, pero se potencializa su rentabilidad cuando se mezclan en un sistema agroforestal, optimizando diversas actividades, promoviendo el uso de mano de obra in situ y el aprovechamiento racional de los recursos locales.

Cuadro 36. Comparación de indicadores financieros en sistemas productivos.

Sistema productivo	Beneficios	Costos	VAN	Relación B/C
	-----	\$ ha ⁻¹	-----	
Monocultivo aguacate	95,200.00	71,996.88	23,203.12	1.32
Monocultivo alfalfa	74,800.00	45,474.00	29,326.00	1.64
SAF aguacate-alfalfa con fertilización convencional	134,057.14	88,203.74	52,529.12	1.52
SAF aguacate-alfalfa con fertilización con diagnóstico nutrimental	155,257.14	98,321.48	56,935.66	1.58

Fuente: *Elaboración propia.*

La relación B/C y el VAN de los diferentes sistemas de producción analizados muestran que los sistemas agroforestales rinden más y mejores

beneficios al productor que la producción en monocultivo de aguacate que está acostumbrado a realizar.

El VAN es mucho mayor en los sistemas agrosilvícolas (Cuadro 36) ya que se tiene la ventaja de obtener ingresos de dos cultivos en la misma superficie de tierra. Mientras que el monocultivo de aguacate convencional presentó una VAN de \$23,203.12, el sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa con fertilización basada en los resultados del diagnóstico nutrimental fue de \$56,935.66, que refleja que la utilidad financiera del sistema agrosilvícola es de más del doble que el monocultivo de aguacate.

La utilización de la metodología de diagnóstico nutrimental para el cultivo de aguacate permite aportar los requerimientos nutrimentales específicos que el árbol necesita para mejorar su productividad, por lo que la relación B/C y el VAN de este sistema agroforestal es la más alta de todos los sistemas evaluados, permitiendo mejores ingresos al productor.

Es también importante resaltar que para que se pueda implementar el sistema agroforestal se requiere de mayor cantidad de inversión que el monocultivo, así como mayor mano de obra (Cuadro 37), por lo que es necesario analizar esta situación de manera específica con el productor y ver si está dispuesto a desembolsar esa cantidad de dinero o si cuenta con la mano de obra familiar para subsanar dicha necesidad.

Cuadro 37. Comparación de mano de obra utilizada por sistema productivo.

Sistema productivo	Jornales	Monto (\$)
Monocultivo aguacate	144	26,100.00
Monocultivo alfalfa	46	6,900.00
SAF aguacate-alfalfa con fertilización convencional	206	30,835.71
SAF aguacate-alfalfa con fertilización con diagnóstico nutrimental	210	31,435.71

Fuente: *Elaboración propia.*

4.4.5 Comparación de productividad a través del uso equivalente de la tierra (UET)

Como se puede apreciar en el Cuadro 38 el UET obtenido de la interacción del monocultivo de aguacate y alfalfa en el sistema agroforestal propuesto es de 1.43. Los monocultivos requieren de una superficie de 0.43 ha mayor a los componentes del sistema agrosilvícola aguacate-alfalfa para poder igualar la productividad de dicho sistema.

La productividad del sistema agroforestal se evidencia en la reducción de los costos de producción, al minimizar el monto utilizado por el productor en las actividades de deshierbe de callejones. No solo se aumenta la productividad, sino que se disminuyen costos totales de producción, beneficiando los sistemas agroforestales al productor de manera importante.

Cuadro 38. Uso Equivalente de la Tierra (UET).

Sistema	Sistema agroforestal Y _{pi} ----- t ha ⁻¹	Monocultivo aguacate Y _{mi} ----- t ha ⁻¹	Y _{pi} / Y _{mi}
Aguacate	11.00	11.00	1
Alfalfa	9.43	22.00	0.43
		UET	1.43

Fuente: *Elaboración propia.*

4.5 CONCLUSIONES

- Se obtuvo una B/C de 1.32 y 1.64 para los monocultivos de aguacate y alfalfa respectivamente, mientras que para los sistemas agrosilvícolas el sistema que contempló fertilización convencional se tuvo una relación B/C de 1.52 y el de fertilización de diagnóstico nutrimental de 1.58.
- El VAN mayor fue el del sistema agrosilvícola que consideró diagnóstico nutrimental en la fertilización, siendo más del doble en cuanto a utilidad que el monocultivo de aguacate convencional, pues es un sistema más diverso en cuanto a ingresos y ofrece un mejor aprovechamiento de la tierra.

- El UET fue de 1.43, demostrando que la productividad del sistema agrosilvícola propuesto es mayor al monocultivo de aguacate convencional, representando así una alternativa susceptible de ser implementada.
- El sistema agroforestal de aguacate-alfalfa posee características que potencializa la productividad de ambos cultivos al estar en interacción en un mismo espacio de tierra. Los cortes continuos de la alfalfa permiten realizar las diferentes labores culturales del aguacate sin mayor problema.
- El sistema agroforestal de aguacate-alfalfa posee características que potencializa la productividad de ambos cultivos al estar en interacción en un mismo espacio de tierra. Los cortes continuos de la alfalfa permiten realizar las diferentes labores culturales del aguacate sin mayor problema.
- Debido a que la alfalfa es un forraje bien cotizado en la zona, se aprecia que la rentabilidad del sistema agroforestal es mucho mayor en comparación con el monocultivo de aguacate, cuya rentabilidad se logra a mediano plazo. La implementación de alfalfa en callejones puede dar al productor una fuente adicional de ingresos en el mismo predio, mientras el aguacate desarrolla su potencial productivo.
- Existe un aumento de mano de obra en el sistema agroforestal propuesto, lo que es necesario analizar en condiciones específicas de cada propuesta, debido a que puede ser un aspecto positivo el hecho de generar más fuentes de trabajo, pero es primordial considerar la oferta de mano de obra que el sistema pudiera tener, ya sea familiar, local o regional.
- La utilización de mano de obra es mayor en el sistema agroforestal propuesto respecto a los monocultivos evaluados, por lo que es primordial considerar la oferta de mano de obra que el sistema productivo pudiera tener al alcance, ya sea familiar, local o regional.

V. LITERATURA CITADA

- Aguirre P., S., A. E. Bárcenas O., M. B. N. Lara C. y J. Hernández G. 2009. Crecimiento de raíces en aguacate "Hass" bajo manejos: convencional y orgánico en Uruapan Michoacán México. *In: Memoria del III Congreso Latinoamericano del aguacate. Simposio Manejo de Cultivo. 11 al 13 noviembre. Medellín. Colombia. p. 2.*
- Bernal E., J. A. y C. A. Díaz D. 2005. Tecnología para el Cultivo de Aguacate. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquía, Colombia. Manual Técnico 5. 241 p.
- Calabrese F. 1992. El aguacate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp. 249 p.
- Casco C., A. y M. Iglesias C. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2005. Argentina. Resumen: A-063, 4 p.
- Colín S., S., P. Mijares O., L. López L. y A. F. Barrientos P. 2001. Historia del aguacate en México. 2001. http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998-2001/cictamex_1998-2001_pg_171-187.pdf. Consultada el 19 de Enero de 2016.
- Current D. 1977. ¿Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales?: resultados de una investigación en América Central y el Caribe. *In: Agroforestería en las Américas, avances de investigación*, 4(16): 8-14.
- Diario oficial de la Federación. 2012. Parámetros de estimación de vida útil. Agosto 15.
- Enciso E., A. y J. Espinoza A. 2010. Evaluación del uso equivalente de terreno y eficiencias de extracción de tres dosificaciones de nutrientes en un sistema de policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino en Zamorano, Honduras. Proyecto especial, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 25 p.
- Etchevers B., J. D. 1987. Diagnóstico visual. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México.
- Etchevers B., J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutricional de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3): 209-219.
- Gliessman S. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 243 p.
- Hermoso G., J. M., M. D. Torres y J. M. Farré M. 2003. Efectos de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y la productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada. *In: Actas V Congreso Mundial de Aguacate. pp 195-197.*
- Herrera F., C. Velasco, H. Denen y R. Radulovich. 1994. Fundamentos de análisis económico: Guía para investigación y extensión rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 63 p.
- Jiménez B., F., C. L. Espinoza G. y L. Fonseca R. 2007. Ingeniería Económica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica. 354 p.

- Kass D., C. L. 2007. Fertilidad de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 233 p.
- Linderman R., G. 1989. Organic amendments and soil-borne diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 11(2): 180-183.
- Luna T., J. 2012. Resiliencia en cultivos asociados maíz (*Zea mays* L.) aguacate (*Persea americana* Miller) y ciruela (*Prunus domestica* L.), en comunidades de Jalacingo, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía. España. 105 p.
- Macías M., A. 2011. México en el mercado internacional de aguacate. *Revista de Ciencias sociales (RCS)*. XVII (3): 517-532.
- Mangiafico S., S., J. Newman, D. J. Merhaut, J. Gan, B. Faber and L. Wu. 2009. Nutrients and pesticides in storm-water runoff and soil water in production nurseries and citrus and avocado groves in California. *Journal HortTechnology*. 19(2): 360-367.
- Maldonado T., R. 2002. Diagnóstico nutrimental para la producción de aguacate Hass. Fundación Produce de Michoacán A.C. México. 74 p.
- Maldonado T., R., M. E. Álvarez S., G. Almaguer V., A. F. Barrientos P. y R. García M. 2007. Estándares nutrimentales para aguacatero "Hass". *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Universidad Autónoma Chapingo, 13(1): 103-108.
- Maldonado T., R., G. Almaguer V., M. E. Álvarez S. y E. Robledo S. 2008. Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. *Terra Latinoamericana* 26 (4): 341-349.
- Montiel A., G., Krishnamurthy L., A. Vázquez A. y M. Uribe G. 2008. Opciones Agroforestales para productores de aguacate. *Terra Latinoamericana*, vol. 26, núm. 1, enero-marzo, 2008, pp. 85-90 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Peña U., L. S., S. Rebollar R., N. Callejas J., J. Hernández M. y G. Gómez T. 2015. Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de aguacate hass. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 19(36), 1325-1338.
- Pérez L., M. 2012. Manual sobre proyectos de inversión de organizaciones sociales. México, D.F. 22 p.
- Reinés A., M. M., C. Rodríguez. A., O. Carrillo F., A. Loza Li. y S. H. Contreras. R. 2007. Nuevos avances en la biotecnología de la lombricultura. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. Cuba. 39 p.
- Restrepo R., J. 2007. Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1a ed. SIMAS. Managua. 262 p.
- Salazar G., S., J. L. Ibarra E., M. E. Ibarra E. y A. E. Bárcenas O. 2015. Fenología de la raíz del aguacate 'Hass' en varios climas de Michoacán. *In: VIII Congreso Mundial de Palta*. Lima, Perú. pp 277-283.
- Salazar G., S. y I. Lazcano F. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate "hass" bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 173-184.
- Secretaría de Economía. 2012. Monografía del sector aguacate en México: Situación actual y oportunidades de mercado. Dirección General de Industrias Básicas. México. 21 p.

- Secretaría de Desarrollo Rural de Puebla. 2011. Ficha Técnica Sistema Producto Aguacate 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 25 p.
- Servicio Meteorológico Nacional. s/f. Normal climatológica 00021123, Huaquechula. Comisión Nacional del Agua (CNA). México, D.F. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=pue>. Consultada del 19 de enero de 2016.
- Sosa D. A. 2014. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 4 p.
- Tapia V., L. M., A. Larios G., I. Vidales F., M. Bravo, A. Hernández P. y L. Tapia V. 2013. Caracterización hidrológica del aguacate en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 9 p.
- Tapia V., L. M., A. Larios G., A. Hernández P. y H. Guillén A. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. "Hass" y efecto nutrimental y agronómico. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(3): 463-472.
- Téliz O., D. y A. Mora. 2007. El Aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México D.F. 320 p.
- Trujillo S., Y. G. 2014. Propuesta de asociación de un sistema productivo de aguacate (*Persea americana*) previamente establecido con un nuevo cultivar de achira (*Canna edulis*) en la Inspección de San Adolfo, municipio de Acevedo Departamento del Huila. Tesis profesional. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Colombia. 49 p.
- Váquiro C., J. D. 2010. La relación Beneficio Costo. Gerencia-Finanzas-Proyectos. Asesoría y Consultoría para PYMES. México. 1 p. <http://www.pymesfuturo.com/costobeneficio.html>. Consultada el 10 de febrero de 2014.
- Vega L. 2012. Atlixco busca reactivar la producción de aguacate. Sinergia Radio. 01 de agosto de 2012. Atlixco, Puebla, México.
- Wolstenholme N. B. 2007. Ecología: El Clima y el ambiente edáfico. In: Whinley A. W., B. Schaffer, B. N. Wolstenholme (Eds.) El Palto, Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile. pp. 75-101.
- Yamada T. 2000. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?. POTAFOS: Informacoes Agronómicas 90: 1-5.

ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de composta.



Anexo 2. Aplicación de mezcla de fertilizantes químicos.



Anexo 3. Toma de datos de rendimiento.



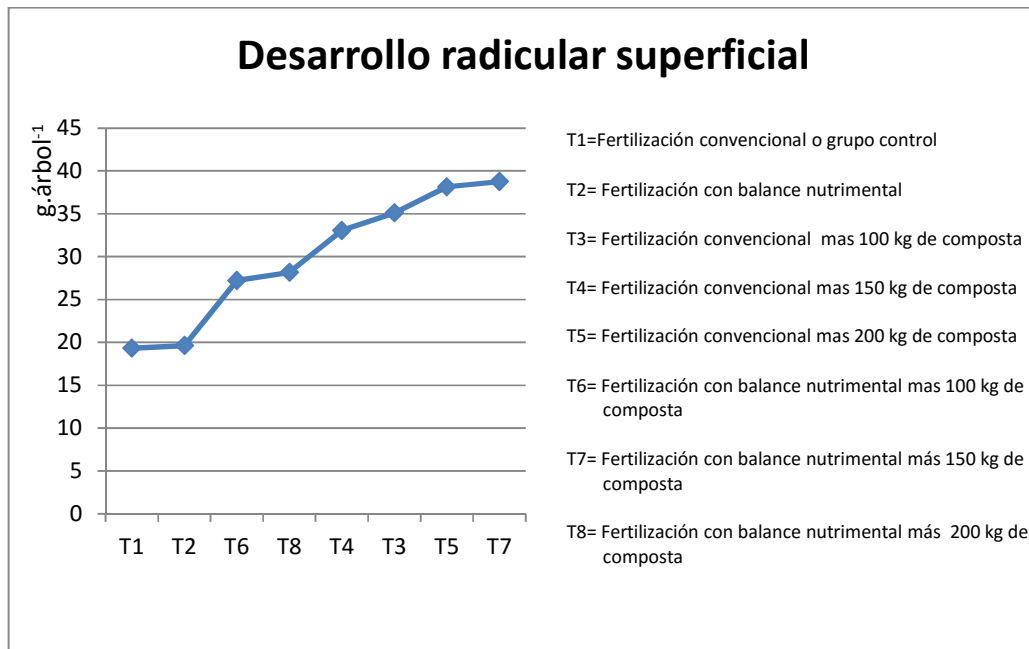
Anexo 4. Toma de muestras de raíces superficiales.



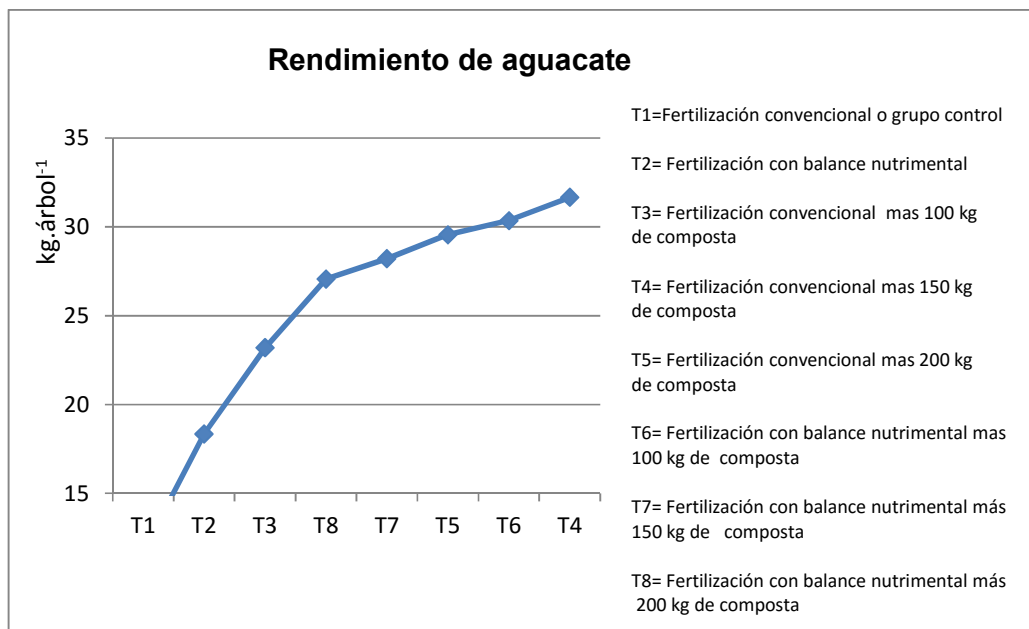
Anexo 5. Sistema agroforestal Aguacate-Alfalfa implementado por el productor Erick Tufiño en otro predio.



Anexo 6. Gráfica de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.



Anexo 7. Gráfica de desarrollo radicular superficial de aguacate cv. Hass.



Anexo 8. Correlaciones de Pearson para rendimiento, desarrollo radicular y concentraciones nutrimentales en suelo.

CORRELATIONS

```
/VARIABLES=MREND MRAIZ PH CE C MO N P K Ca Mg Na Fe Mn Zn Cu B CIC
/PRINT=TWOTAIL NOSIG
/MISSING=PAIRWISE.
```

Correlaciones

		Correlaciones																	
		MREND	MRAIZ	PH	CE	C	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B	CIC
MREND	Correlación de Pearson	1	.727	.438	.432	.541	.541	-.073	.065	.700	.351	.546	-.282	.512	.133	.667	.616	.762	.502
	Sig. (bilateral)		.041	.277	.286	.166	.167	.864	.878	.053	.394	.161	.499	.194	.753	.071	.104	.028	.205
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
MRAIZ	Correlación de Pearson	.727	1	.652	.087	.742	.741	-.401	.360	.482	.700	.849	-.408	.758	-.219	.847	.933	.941	.221
	Sig. (bilateral)	.041		.080	.839	.035	.035	.325	.382	.226	.053	.008	.316	.029	.602	.008	.001	.000	.599
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
PH	Correlación de Pearson	.438	.652	1	-.395	.710	.625	-.554	.243	-.060	.803	.307	-.429	.008	-.736	.565	.589	.391	.348
	Sig. (bilateral)	.277	.080		.332	.048	.072	.122	.528	.879	.009	.422	.249	.862	.024	.113	.095	.298	.358
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CE	Correlación de Pearson	.432	.087	-.395	1	-.082	-.082	.752	-.586	.699	-.357	-.344	.324	.159	.818	-.049	-.152	.202	.229
	Sig. (bilateral)	.286	.839	.332		.847	.847	.031	.127	.070	.385	.404	.434	.707	.013	.909	.720	.631	.586
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
C	Correlación de Pearson	.541	.742	.710	-.082	1	1.000	-.570	.530	.474	.793	.668	-.279	.491	-.476	.622	.682	.674	-.037
	Sig. (bilateral)	.166	.035	.048			.000	.140	.177	.236	.019	.070	.504	.217	.233	.100	.062	.067	.931
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
MO	Correlación de Pearson	.541	.741	.625	-.082	1.000	1	-.556	.516	.374	.781	.520	-.018	.473	-.443	.609	.682	.622	-.033
	Sig. (bilateral)	.167	.035	.072	.847	.000		.120	.155	.321	.013	.152	.963	.198	.232	.082	.052	.073	.933
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
N	Correlación de Pearson	-.073	-.401	-.554	.752	-.570	-.556	1	-.695	-.131	-.517	-.658	-.195	-.310	.808	-.618	-.590	-.385	-.003
	Sig. (bilateral)	.864	.325	.122	.031	.140	.120		.038	.737	.154	.054	.615	.418	.008	.076	.094	.307	.963
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
P	Correlación de Pearson	.065	.360	.243	-.586	.530	.516	-.695	1	-.051	.396	.582	.234	.621	-.486	.517	.510	.375	-.225
	Sig. (bilateral)	.878	.382	.528	.127	.177	.155	.038		.898	.291	.100	.563	.074	.185	.154	.161	.320	.561
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
K	Correlación de Pearson	.700	.482	-.060	.669	.474	.374	-.131	-.051	1	.073	.560	.689	.364	.333	.484	.433	.681	.455
	Sig. (bilateral)	.053	.226	.879	.070	.236	.321	.737	.896		.852	.117	.040	.336	.382	.186	.244	.043	.219
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ca	Correlación de Pearson	.351	.700	.803	-.357	.793	.781	-.517	.396	.073	1	.555	-.136	.198	-.524	.488	.727	.553	.180
	Sig. (bilateral)	.394	.053	.009	.385	.019	.013	.154	.291	.852		.121	.728	.609	.148	.182	.027	.123	.644
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mg	Correlación de Pearson	.546	.849	.307	-.344	.668	.520	-.658	.582	.560	.555	1	.612	.596	-.174	.767	.884	.849	.391
	Sig. (bilateral)	.161	.008	.422	.404	.070	.152	.054	.100	.117	.121		.080	.091	.654	.016	.002	.004	.298
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	Correlación de Pearson	-.282	-.408	-.429	.324	-.279	-.018	-.195	.234	.699	-.136	.612	1	.260	.346	.198	.234	.402	.248
	Sig. (bilateral)	.499	.316	.249	.434	.504	.963	.615	.563	.040	.728	.080		.500	.362	.609	.545	.283	.521
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Fe	Correlación de Pearson	.512	.758	.068	.159	.491	.473	-.310	.621	.364	.198	.596	.260	1	.025	.768	.689	.748	-.021
	Sig. (bilateral)	.194	.029	.862	.707	.217	.198	.418	.074	.336	.609	.091	.500		.949	.016	.040	.020	.957
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mn	Correlación de Pearson	.133	-.219	-.736	.818	-.476	-.443	.808	-.486	.333	-.524	-.174	.346	.025	1	-.327	-.283	.007	.155
	Sig. (bilateral)	.753	.602	.024	.013	.233	.232	.008	.185	.382	.148	.654	.362	.949		.390	.461	.985	.660
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Zn	Correlación de Pearson	.667	.847	.565	-.049	.622	.609	-.618	.517	.484	.488	.767	.198	.796	-.327	1	.903	.885	.435
	Sig. (bilateral)	.071	.008	.113	.909	.100	.082	.076	.154	.186	.182	.016	.609	.016	.390		.001	.002	.242
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Cu	Correlación de Pearson	.616	.933	.589	-.152	.682	.662	-.560	.510	.433	.727	.864	.234	.699	-.283	.903	1	.931	.412
	Sig. (bilateral)	.104	.001	.095	.720	.062	.052	.064	.161	.244	.027	.002	.545	.040	.461	.001		.000	.270
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
B	Correlación de Pearson	.762	.941	.391	.202	.674	.622	-.385	.375	.681	.593	.849	.402	.748	.007	.885	.931	1	.467
	Sig. (bilateral)	.028	.000	.298	.631	.067	.073	.307	.320	.043	.123	.004	.283	.020	.985	.002	.000		.173
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CIC	Correlación de Pearson	.502	.221	.348	.229	-.037	-.033	-.003	-.225	.455	.180	.391	.248	-.021	.155	.435	.412	.497	1
	Sig. (bilateral)	.205	.599	.358	.586	.931	.933	.993	.561	.219	.644	.298	.521	.957	.690	.242	.270	.173	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

*, La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**, La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Anexo 9. Costos de producción anual de aguacate convencional al año seis de producción.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	MANO DE OBRA (\$)	SUB-TOTAL (\$)
MANEJO DE PLAGAS						5.836,00
PERMETRINA AL 34%	L FRASCO DE 250	6	271,00	1.626,00		1.626,00
SPINOTERAM	ML BOLSA DE 500 G	4	210,00	840,00		840,00
ACEFATE	L	2	110,00	220,00		220,00
ABAMECTINA	L	1	900,00	900,00		900,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
MANEJO DE ENFERMEDADES						6.080,00
CARBENDAZIN	KG	1	300,00	300,00		300,00
BINOLATE	KG	1	300,00	300,00		300,00
SULFATO DE COBRE PENTA HIDRATADO	KG	4	70,00	280,00		280,00
CLOROTALONIL	KG	2	150,00	300,00		300,00
PIRACLOSTROBINA (HEAD LINE)	L	1	1.500,00	1.500,00		1.500,00
METALAXYL	L	1	700,00	700,00		700,00
ATSABIOTICO	KG	1	50,00	50,00		50,00
MANCOCEB	KG	4	100,00	400,00		400,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
NUTRICIÓN FOLIAR						6.740,00
MICRO NUTRIENTES (EVEREX)	L	8	100,00	800,00		800,00
NUTRE CaB	L	4	125,00	500,00		500,00
NUTRI AMARRE	KG	2	100,00	200,00		200,00
SINTEK	L	6	160,00	960,00		960,00
ACIDO FULVICO	KG	1	200,00	200,00		200,00
QUEL-ZINC	L	1	100,00	100,00		100,00
MULTI ALGA	KG	1	130,00	130,00		130,00
NUTRI VIGOR	L	1	250,00	250,00		250,00
APLICACIÓN	JORNAL	24	150,00		3.600,00	3.600,00
FERTILIZACIÓN EDÁFICA						10.170,00
YESO AGRICOLA	TON BULTO 50	0,5	1.400,00	700,00		700,00
AZUFRE GRANULO	KG	2	310,00	620,00		620,00
NUTRI AGUACATE PRODUCCION 20-10-	KG	15	490,00	7.350,00		7.350,00

20 + EM						
APLICACIÓN	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
CONTROL DE MALEZAS						7.160,00
COVISATO	L	8	125,00	1.000,00		1.000,00
FINALE	L	2	380,00	760,00		760,00
DESHIERBE						
MANUAL	JORNAL	20	150,00	3.000,00		3.000,00
RASTRA	SERVICIO	2	600,00	1.200,00		1.200,00
APLICACIÓN	JORNAL	8	150,00		1.200,00	1.200,00
RIEGO						14.330,88
AGUA	HORA	84	80,00	6.720,00		6.720,00
GASOLINA	L	168	13,16	2.210,88		2.210,88
MANO DE OBRA	JORNAL	36	150,00		5.400,00	5.400,00
LABORES DE CULTIVO						9.900,00
CAJETES	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
PODAS	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
OTRAS APLICACIONES ESPECIALES	JORNAL	6	150,00		900,00	900,00
TOTAL				34.116,88	26.100,00	60.216,88

*La cosecha es a cargo del comprador a pie de parcela

Anexo 10. Costos de producción de monocultivo de alfalfa al año dos de producción.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	MANO DE OBRA (\$)	SUB-TOTAL (\$)
PREPARACION DEL TERRENO						2.000,00
BARBECHO	Ha	1	800,00	800,00		800,00
RASTREO	Ha	2	600,00	1.200,00		1.200,00
SIEMBRA						6.070,00
SEMILLA DE ALFALFA	KG	45	120,00	5.400,00		5.400,00
SEMILLA DE AVENA	KG	15	8,00	120,00		120,00
SIEMBRA	JORNAL	2	150,00		300,00	300,00
RHIZOBIUM	KG	1	250,00	250,00		250,00
RIEGO						10.320,00
AGUA	HORA	84	80,00	6.720,00		6.720,00
MANO DE OBRA	JORNAL	24	150,00		3.600,00	3.600,00
FERTILIZACIÓN						2.500,00
LIXIVIADO DE HUMUS DE LOMBRIZ	L	100	10,00	1.000,00		1.000,00
APLICACIÓN	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
COSECHA						26.300,00
CORTE	SERVICIO	10	800,00	8.000,00		8.000,00
HILERADA	SERVICIO	10	600,00	6.000,00		6.000,00
EMPACADA	ELAB. DE PACA	880	10,00	8.800,00		8.800,00
ACARREO	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
FLETE	SERVICIO	20	100,00	2.000,00		2.000,00
			TOTAL	40.290,00	6.900,00	47.190,00

Anexo 11. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones con fertilización convencional de aguacate.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	MANO DE OBRA (\$)	SUBTOTAL (\$)
MANEJO DE PLAGAS						5.836,00
PERMETRINA AL 34%	L	6	271,00	1.626,00		1.626,00
	FRASCO DE					
SPINOTERAM	250 ML	4	210,00	840,00		840,00
	BOLSA DE					
ACEFATE	500 G	2	110,00	220,00		220,00
ABAMECTINA	L	1	900,00	900,00		900,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
MANEJO DE ENFERMEDADES						6.080,00
CARBENDAZIN	KG	1	300,00	300,00		300,00
BINOLATE	KG	1	300,00	300,00		300,00
SULFATO DE COBRE						
PENTA HIDRATADO	KG	4	70,00	280,00		280,00
CLOROTALONIL	KG	2	150,00	300,00		300,00
PIRACLOSTROBINA (HEAD LINE)	L	1	1.500,00	1.500,00		1.500,00
METALAXYL	L	1	700,00	700,00		700,00
ATSABIOTICO	KG	1	50,00	50,00		50,00
MANCOCEB	KG	4	100,00	400,00		400,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
NUTRICIÓN FOLIAR						7.611,43
MICRO NUTRIENTES (EVEREX)	L	8	100,00	800,00		800,00
NUTRE CaB	L	4	125,00	500,00		500,00
NUTRI AMARRE	KG	2	100,00	200,00		200,00
SINTEK	L	6	160,00	960,00		960,00
QUEL-ZINC	L	1	100,00	100,00		100,00
MULTI ALGA	KG	1	130,00	130,00		130,00
NUTRI VIGOR	L	1	250,00	250,00		250,00
LIXIVIADO DE HUMUS DE LOMBRIZ (ALFALFA)	L	42,86	10,00	428,57		428,57
APLICACIÓN	JORNAL	28	150,00		4.242,86	4.242,86
FERTILIZACIÓN EDÁFICA						10.170,00
YESO AGRICOLA	TON	0,5	1.400,00	700,00		700,00
	BULTO DE					
AZUFRE GRANULO	50 KG	2	310,00	620,00		620,00
NUTRI AGUACATE PRODUCCION 20-10-20 + EM	BULTO DE					
	50 KG	15	490,00	7.350,00		7.350,00
APLICACIÓN	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
CONTROL DE MALEZAS						3.010,00
FINALE	L	2	380,00	760,00		760,00

DESHIERBE MANUAL	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
RIEGO						18.753,74
AGUA	HORA	120	80,00	9.600,00		9.600,00
GASOLINA	L	168	13,16	2.210,88		2.210,88
MANO DE OBRA	JORNAL	46	150,00		6.942,86	6.942,86
LABORES DE CULTIVO						9.900,00
CAJETES	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
PODAS	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
OTRAS APLICACIONES ESPECIALES	JORNAL	6	150,00		900,00	900,00
COSECHA DE ALFALFA						12.648,57
CORTE	SERVICIO	10,00	342,86	3.428,57		3.428,57
HILERADA	SERVICIO	10,00	257,14	2.571,43		2.571,43
EMPACADA	ELAB. DE PACA	377,14	11,00	4.148,57		4.148,57
ACARREO	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
FLETE	SERVICIO	10	100,00	1.000,00		1.000,00
			TOTAL	43.174,02	30.835,71	74.009,74

*La cosecha del aguacate es a cargo del comprado que llega a comprar a pie de parcela

Anexo 12. Costos de producción de sistema agrosilvícola aguacate y alfalfa en cultivo en callejones y fertilización con resultados de diagnóstico nutrimental en aguacate.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	MANO DE OBRA (\$)	SUBTOTAL (\$)
MANEJO DE PLAGAS						5.836,00
PERMETRINA AL 34%	L	6	271,00	1.626,00		1.626,00
	FRASCO					
SPINOTERAM	DE 250 ML	4	210,00	840,00		840,00
	BOLSA DE					
ACEFATE	500 G	2	110,00	220,00		220,00
ABAMECTINA	L	1	900,00	900,00		900,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
MANEJO DE ENFERMEDADES						6.080,00
CARBENDAZIN	KG	1	300,00	300,00		300,00
BINOLATE	KG	1	300,00	300,00		300,00
SULFATO DE COBRE PENTA						
HIDRATADO	KG	4	70,00	280,00		280,00
CLOROTALONIL	KG	2	150,00	300,00		300,00
PIRACLOSTROBIN						
A (HEAD LINE)	L	1	1.500,00	1.500,00		1.500,00
METALAXYL	L	1	700,00	700,00		700,00
ATSABIOTICO	KG	1	50,00	50,00		50,00
MANCOCEB	KG	4	100,00	400,00		400,00
APLICACIÓN	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
NUTRICIÓN FOLIAR						6.557,86
MICRO NUTRIENTES						
(EVEREX)	L	4	100,00	400,00		400,00
NUTRE CaB	L	3	125,00	375,00		375,00
SINTEK	L	4	160,00	640,00		640,00
QUEL-ZINC	L	1	100,00	100,00		100,00
MULTI ALGA	KG	1	130,00	130,00		130,00
NUTRI VIGOR	L	1	250,00	250,00		250,00
LIXIVIADO DE HUMUS DE LOMBRIZ	L	42,00	10,00	420,00		420,00
APLICACIÓN	JORNAL	28	150,00		4.242,86	4.242,86
FERTILIZACIÓN EDÁFICA						21.341,32
COMPOSTA	TON	20	500,00	10.000,00		10.000,00
	BULTO DE					
UREA	50 KG	7,34	400,00	2.936,00		2.936,00
	BULTO DE					
DAP	50 KG	0,4	474,00	189,60		189,60
CLORURO DE POTASIO	BULTO DE					
	50 KG	7,6	343,00	2.615,72		2.615,72

LIXIVIADO DE HUMUS DE LOMBRIZ MICRONUTRIENTES	L	300,0	10,00	3.000,00		3.000,00
APLICACIÓN	KG	5,0	100,00	500,00		500,00
	JORNAL	14	150,00		2.100,00	2.100,00
CONTROL DE MALEZAS						3.010,00
FINALE DESHIERBE MANUAL	L	2	380,00	760,00		760,00
	JORNAL	15	150,00		2.250,00	2.250,00
RIEGO						18.753,74
AGUA	HORA	120	80,00	9.600,00		9.600,00
GASOLINA	L	168	13,16	2.210,88		2.210,88
MANO DE OBRA	JORNAL	46	150,00		6.942,86	6.942,86
LABORES DE CULTIVO						9.900,00
CAJETES	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
PODAS	JORNAL	30	150,00		4.500,00	4.500,00
OTRAS APLICACIONES ESPECIALES	JORNAL	6	150,00		900,00	900,00
COSECHA DE ALFALFA						12.648,57
CORTE HILERADA	SERVICIO	10,00	342,86	3.428,57		3.428,57
	SERVICIO	10,00	257,14	2.571,43		2.571,43
	ELABORACIÓN DE					
EMPACADA	PACA	377,14	11,00	4.148,57		4.148,57
ACARREO	JORNAL	10	150,00		1.500,00	1.500,00
FLETE	SERVICIO	10	100,00	1.000,00		1.000,00
TOTAL			52.691,77	31.435,71		84.127,48

*La cosecha del aguacate es a cargo del comprador que llega a comprar a pie de parcela

1