

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



**Uso de Sustancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plantas de
Aguacate (*Persea americana* Mill.) Injertadas.**

POR:

GERMÁN GARCÍA ALONSO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Uso de Sustancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plantas de
Aguacate (*Persea americana* Mill.) Injertadas.

Por:

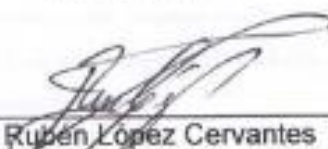
GERMÁN GARCÍA ALONSO

Tesis

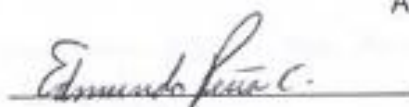
Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para
Obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

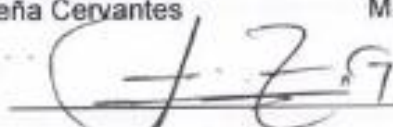
Aprobada por:


Dr. Rubén López Cervantes

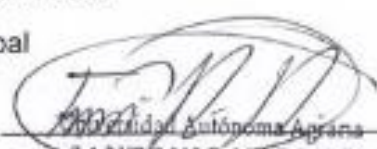
Asesor Principal


Dr. Edmundo Peña Cervantes

Sino


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería


M.C. Fidel Maximiliano Peña Ramos



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre 2013

EDICATORIAS

ADIOS:

Per acompañarme todos los días gracias señor por darme salud, bien estar y la sabiduría. Este es un sueño realizado que en algún momento me lo propuse y hoy me das licencia para disfrutarlo.

MIS PADRES:

Al Sr. Santiago García Yáñez, detrás de este logro está usted, su apoyo, confianza y cariño. Nada podría ser mejor. Gracias por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño compartido, por alentarme a hacer lo que quiero ser y como soy.

A la Dra. Petra Alonso Oliver, no deje de pensar en los primeros pasos, si hay algo que se hacer bien es por usted, cuando llega la recompensa por un esfuerzo no puedo dejar de recordar tu cercanía, complicidad, devoción y tu ejemplo.

Les agradezco infinitamente la confianza que durante toda mi vida me han dado, por los buenos principios que me inculcaren y valores les dedico el presente trabajo que marca el final de una etapa de mi vida. Que esta sea la recompensa a tantos años de entrega, desvelos, apoyo y sacrificios. Les quiero con todo mi corazón.

MIS HERMANOS:

Félix García Alonso, José Alfredo García Alonso, Carmina García Alonso y Filemos García Alonso, a cada uno de ustedes les dedico este trabajo que con su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia y por preocuparse por su hermano que cuando más lo necesite siempre estuvieron hay motivándome con sus palabras y consejos gracias por estar en otra etapa tan importante de mi vida.

MIS ABUELOS:

Filemón García García y Jacuina Yáñez Alvarillo y Ignacia Oliver Ariza y Levita Yáñez Alvarillo, que aunque ya no estén aquí conmigo siempre los llevo en mi mente y mi corazón les agradezco infinitamente los consejos que me brindaren y las motivaciones que me dieron para salir adelante desde donde estén les dedico este trabajo con mucho cariño.

Agripino Alonso paredes: por su apoyo incondicional, su motivación y sabios consejos que me ha brindado.

A Mis amigos y compañeros

A mis amigos del palomar 2 planta alta Luis Espinoza (el furia), Saúl Sevilla (el gato), Nazaret Patricia (chiquitín), Pablo Arellano (sempa), Óscar García (el topo), a mis compañeros de grupo Cesar, Luis, Dady, Karen, Silvia, Egri, gris y en especial a Maleny Resales Barranco por su apoyo y compañía en este tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A mi "ALMA MATER", mis más sincero agradecimiento por cobijarme durante el trascurso de mi carrera por trasmitirme tantos conocimientos, enseñarme el valor que tiene la agronomía prepararme profesionalmente.

Al Departamento de Ciencias del Suelo por haberme brindado las facilidades necesarias para la realización de este trabajo.

De forma especial mi más profundo agradecimiento Al Dr. Rubén López Cervantes por brindarme su apoyo y amistad brindada antes y durante la realización de este trabajo "gracias".

Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos por su disponibilidad, paciencia y tiempo brindado durante este trabajo de investigación.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes por su amistad, colaboración y tiempo invertido en la revisión de este trabajo.

A todos mis maestros del Departamento de Ciencias del Suelo que formaron parte de mi formación profesional por sus consejos y conocimientos otorgados durante mi estancia en la universidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
General	3
Específico.....	3
HIPOTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Descripción Botánica del aguacate.....	4
Producción de Aguacate a Nivel Mundial.....	5
Producción de Aguacate a Nivel Nacional.....	7
Producción de Aguacate en Morelos.....	11
Propagación y Multiplicación.....	11
Selección de Semilla.....	12
Siembra de la Semilla.....	12
El Injerto del Aguacate	13
Selección de Varetas Portayemas.....	13
Tipos de Injerto.....	14
Injerto de Hendidura.....	14
Injerto Ingles.....	15
Injerto lateral.....	15
Las Sustancias Húmicas.....	16
Efectos de las Sustancias Húmicas	18

Efectos en el Suelo	19
Efectos en la Planta.....	20
Efectos en el Crecimiento Radicular.....	20
Efectos de Absorción de Macronutrientes.....	20
Efectos de Absorción de Micronutrientes.....	21
Leonardita.....	21
Nutrientes para el cultivo del aguacate.....	22
Desviación del Óptimo Porcentual.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
Localización del Área Experimental.....	23
METODOLOGÍA.....	24
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN.....	43
CONCLUSIÓN.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
Citas electrónicas.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Importaciones y exportaciones de aguacate durante los últimos cinco años en México. (Financiera Rural, 2008).....	6
Cuadro 2. Producción nacional de aguacate por estado, 2010. (SIAP-SAGARPA).....	10
Cuadro 3. Variedades de aguacate en Morelos.....	11
Cuadro 4. Distribución de los tratamientos.....	25
Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes aplicadas a la planta de aguacate, durante nueve ocasiones.....	25
Cuadro 6. Cantidad de fertilizantes adicionadas a plantas de aguacate, durante 10 ocasiones.....	26
Cuadro 7. Análisis de varianza del número de brotes del injerto de plantas de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	27
Cuadro 8. Análisis de varianza del número de yemas del patrón, de plantas de aguacate, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	28
Cuadro 9. Análisis de varianza de la altura inicial de plantas de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	29
Cuadro 10. Análisis de varianza del primer muestreo de altura del injerto en planta de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	30
Cuadro 11. Análisis de varianza del segundo muestreo de altura del injerto en planta de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	30
Cuadro 12. Análisis de varianza, en el primer muestreo del diámetro del patrón de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	31
Cuadro 13. Análisis de varianza, en el segundo muestreo del diámetro del patrón de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	32
Cuadro 14. Análisis de varianza del diámetro del injerto, en el primer muestreo, de plantas de aguacate injertadas, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	33
Cuadro 15. Análisis de varianza del diámetro del injerto, en el segundo muestreo, de plantas de aguacate injertadas, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	33
Cuadro 16. Análisis de varianza de la altura del patrón más injerto, en el primer muestreo, de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	34

Cuadro 17. Análisis de varianza de la altura del patrón más injerto, en el segundo muestreo, de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	34
Cuadro 18. Análisis de varianza del potasio en el tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	35
Cuadro 19. Análisis de varianza del calcio en el tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	36
Cuadro 20. Análisis de varianza del contenido de magnesio, del tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	37
Cuadro 21. Análisis de varianza del contenido de cobre, del tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	38
Cuadro 22. Análisis de varianza del contenido de hierro, del tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	38
Cuadro 23. Análisis de varianza del contenido de zinc, del tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	40
Cuadro 24. Análisis nutrimental de acuerdo con el Método de Deviación Óptima Porcentual (DOP), de planta de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura, 1. Clasificación científica del aguacate (Fersini, 1980).....	4
Figura 2. Producción Mundial de aguacate de la variedad <i>Hass</i> en el periodo 2002 a 2007. (Financiera Rural, 2008).....	6
Figura 3. Principales países productores de aguacate de la variedad <i>Hass</i> durante el año 2007 (Financiera Rural, 2008).....	7
Figura 4. Producción y exportaciones de aguacate 2003-2010. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-SAGARPA-Sistema de Información Arancelaria Vía Internet-Secretaría de Economía).....	8
Figura 5. Superficie sembrada de aguacate por modalidad, 1980-2010. (SIAP-SAGARPA).....	9
Figura, 6. Producción por entidad federativa (SIAP-SAGARPA).....	10
Figura.7.- Aguacate criollo de buen tamaño y vigor para portainjerto.....	12
Figura .8.- Cortando la semilla se consigue una germinación más rápida.....	13
Figura.9.- Injerto de hendidura.....	14
Figura 10.- Injerto de púa inglés.....	15
Figura 11. Composición media de la materia orgánica del suelo. Tomada de Senesi <i>et al.</i> 1999.....	16
Figura 12. Proceso de los materiales orgánicos del suelo (Drozd <i>et al.</i> 1996). ..	17
Figura 13. Localización del área experimental.....	23
Figura 14. Portainjerto de Aguacate Criollo.....	24
Figura 15. Número de brotes del injerto en plantas de aguacate, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	27
Figura 16. Número de yemas del patrón en plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	28
Figura 17. Altura inicial en plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	29
Figura 18. Altura del injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	31
Figura 19. Diámetro del patrón, en dos muestreos, de plantas de aguacate injertadas al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	32
Figura 20. Diámetro del injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	33
Figura 21. Altura del patrón más injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	35

Figura 22. Contenido de potasio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	36
Figura 23. Contenido de calcio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	37
Figura 24. Contenido de magnesio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	38
Figura 25. Contenido de cobre, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	39
Figura 26. Contenido de hierro, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	39
Figura 27. Contenido de zinc, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.....	40
Figura 28. Área radicular de planta de aguacate injertada aplicando diversas sustancias húmicas.....	42

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de sustancias húmicas de leonardita, en la calidad de planta de aguacate injertada, se tomó como “patrón” planta criolla de Ocuituco, Morelos y se injertó con la variedad “Hass”. La planta fue colocada en macetas de plástico, con un suelo Andisol. Como tratamientos, se les adicionaron 5, 10 y 15 ml.litro⁻¹ de agua de dos ácidos húmicos; uno experimental (AHE) y otro comercial (AHMC) y dos ácidos fúlvicos, denominados de igual forma (AFE y AFC) extraídos de leonardita. Y una solución nutritiva (FQ), fue el testigo. Al “patrón”, se le midió el número de yemas (NY), la altura inicial (AI) y el diámetro (DP); al injerto, el número de brotes (NB), altura (AIn), diámetro (DI) y la altura del “patrón” más injerto (API). Al tejido vegetal de follaje, el contenido de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), fierro (Fe) y zinc (Zn) y con estos valores, se determinó el análisis nutrimental, mediante el Método de la Desviación Óptima Porcentual (DOP). También, se determinó el área radicular (AR). Se encontró que los AHMC, aumentaron el valor de las variables medidas al “patrón” y al AR; mientras que, los AFE a las variables medidas al injerto y en la API. El K, fue mayormente asimilado al aplicar los AHMC, el Ca y el Mg al agregar los AFE y el Cu y el Fe, cuando se adicionaron todos los tratamientos. El superior valor de Zn, fue con la FQ. Los índices DOP, muestran que todos los nutrimentos medidos, están en cantidades excesivas; pero no, el Zn. Se concluye que, los AHMC, AHE, AFC y los AFE, realizaron efectos positivos en las diferentes variables medidas a la planta de aguacate y de igual forma en los elementos nutrimentales medidos al tejido vegetal del follaje; con excepción del zinc (Zn), porque las concentraciones presentadas fueron muy inferiores.

Palabras clave: Ácidos húmicos y fúlvicos; *Persea améríca* Mill.

INTRODUCCIÓN

El aguacate se encuentra entre las frutas de mayor arraigo en la dieta mexicana; aunque se cultiva en México, desde épocas remotas su explotación comercial, en particular de la variedad *Hass*, se ha intensificado en las últimas décadas, lo cual está estrechamente asociado con la rentabilidad de su producción y comercialización (Coordinación General de Abastos y Distribución-CGAD, 1991).

El nombre de aguacate (*Persea gratissima* Gaertn. F.= *P. americana* Mill.), deriva de la palabra nativa “aoacatl” o “ahuacatl” y recibe otros nombres como palta en Sudamérica, *avocado* o *avocado pear* en la lengua Inglesa, *avocatier* en Francés y *abacate* en Portugués. A partir de pruebas arqueológicas encontradas en Tehuacán, Puebla, con una antigüedad de 12,000 años, se ha determinado concretamente que es originario de México. En Trujillo (Perú), según recientes investigaciones, el aguacate se conoce desde hace unos 4,000 años. El cultivo del aguacate, en México, ha adquirido en la actualidad importantes perspectivas de expansión debido a las posibilidades de venta que brinda los mercados extranjeros y a la creciente difusión de las propiedades alimenticias y de aprovechamiento industrial (Rodríguez, 1982).

En el Estado de Morelos, el 2.7 por ciento de la superficie agrícola, es destinada a la fruticultura (Acosta, 2005); entre las especies más importantes se encuentra el aguacate, el cual se cultiva en una superficie de 2,481.3 ha, con rendimiento de 11.3 t. ha⁻¹, y valor total de la producción de \$211'335,700 en 2005. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA, 2006). Hay aproximadamente 1,580 productores de aguacate en Morelos y una superficie de producción, se ubica principalmente en los municipios de Ocuilco, Tétela del Volcán, Yecapixtla, Zacualpan de Amilpa, Totolapan, Tepoztlán, Tlalnepantla y Cuernavaca (Plan Rector del Sistema Producto Aguacate, 2005).

La producción de aguacate en Morelos, es de 92.5 por ciento en temporal; mientras que el 7.5 por ciento es de riego; Las principales variedades utilizadas son “Hass” y criollo (Plan Rector del Sistema Producto Aguacate, 2005), aunque también se menciona que la variedad “Fuerte” tiene una aportación importante (Entidad Evaluadora Estatal, 2005).

En los últimos 15 años, en México, diversas casas comerciales dedicadas a la venta de productos agroquímicos, se han dedicado a la promoción de sustancias húmicas (SH) y establecer su efecto en cereales, forrajes y hortalizas; sin embargo prácticamente no hay estudios del efecto de las mencionadas sustancias en frutales, sobre todo en la etapa de vivero; es decir en la etapa de germinación de

la planta, ya que de ella depende en gran medida el éxito de la producción a mediano y largo plazo.

Las sustancias húmicas (SH) las define Aiken *et al.* (1985), como una categoría de sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias. Estos materiales resultan de la degradación de restos de animales y plantas. Las SH son omnipresentes y se encuentran en todos los suelos, sedimentos y aguas. Y son subdivididas en grandes fracciones de acuerdo a sus diferentes grados de solubilidad en reactivos ácidos o alcalinos; como son huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Por lo comentado al tener como base la importancia del aguacate en la dieta alimenticia, es necesario acelerar la producción de planta de este cultivo, con el fin de acortar el tiempo de producción del injerto; además, de encontrar técnicas económicas y ecológicamente factibles.

OBJETIVOS

General

Determinar la efectividad de sustancias húmicas de leonardita, en la calidad de planta de aguacate injertada.

Específico

Establecer la dosis optima de sustancias húmicas de leonardita, en la calidad de planta de aguacate injertada.

HIPÓTESIS

Al menos una dosis de las sustancias húmicas de leonardita, aumenta la calidad de plantas injertadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción Botánica del aguacate

El aguacate es una *dicotiledónea* perteneciente al orden de las *Ranales* y a la familia de las *Lauráceas*. Fue clasificado como *Persea gratissima* por Gaertner y como *Persea americana* por Miller. Es un árbol cuyo crecimiento y desarrollo es variado, llegando en su hábitat natural de 10 a 12 metros. El hábitat corresponde a las características ecológicas de las especies subtropicales-tropicales.

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Familia	<i>Lauraceae</i>
Género	<i>Persea</i>
Especie	<i>americana</i>
Nombre binomial	<i>Persea americana</i> Mill

Figura, 1. Clasificación científica del aguacate (Fersini, 1980)

El aguacatero es una especie perenne de tallo aéreo (o epigeo) con características leñosas y follaje siempre verde, su raíz es bastante superficial.

Sus hojas son simples y enteras; de forma elíptica-alargada y nervadura pinnada (de pluma); la inserción en el tallo es peciolada; cuando es joven presenta un color rojizo (contenido de pigmentos en la vacuolas) y una epidermis pubescente y al llegar a la madurez estas hojas se tornan lisas, coriáceas y de un verde intenso y oscuro. Tiene una dimensión aproximada de 15cm de largo por 6 cm de ancho.

Contiene flores perfectas en racimos subterminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y

masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0.1 por ciento se transforman en fruto, por la abscisión de numerosas flores y frutitos en desarrollo.

El fruto es una baya unisemillada, oval, de superficie lisa o rugosa. El envero sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol.

Los órganos fructíferos, son ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo. El de mayor importancia es el ramo mixto y el Sistema radicular bastante superficial, (http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm/citado 13 de abril del 2013)

Producción de Aguacate a Nivel Mundial

El árbol del aguacate se encuentra ampliamente distribuido, su fruto se conoce en casi todo el mundo aunque se le cultiva principalmente en América. La importancia del aguacate en el mercado internacional, ha crecido sostenidamente, dejando de ser una fruta exótica para incorporarse en la dieta de un buen número de personas.

México es el principal productor a nivel internacional, las exportaciones en el ciclo 2007-2008 se incrementó en 21.0 por ciento respecto al ciclo anterior, con 300 mil toneladas (Financiera Rural, 2008). Las importaciones, como se puede ver en el Cuadro 1, son mínimas debido a que México es autosuficiente en la producción de este producto.

Cuadro. 1. Importaciones y exportaciones de aguacate durante los últimos cinco años en México. (Financiera Rural, 2008).

Comercio Exterior de Aguacate Mexicano (miles de toneladas)		
Año	Importaciones	Exportaciones
2003/04	0.0	120.0
2004/05	0.2	180.0
2005/06	0.3	150.0
2006/07	1.3	248.0
2007/08	0.9	300.0

De acuerdo con las proyecciones realizadas por la organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), la producción mundial de aguacate en el 2007 fue de 3.4 millones de toneladas de lo que representa un incremento de 2.4 por ciento respecto al año anterior, (Figura 2).



Figura 2. Producción Mundial de aguacate de la variedad *Hass* en el periodo 2002 a 2007. (Financiera Rural, 2008)

El principal productor de aguacate es México, en 2007 aportó el 33.9 por ciento de la producción mundial. En segundo lugar se encuentra Estados Unidos e Indonesia ya que reportaron para el mismo año una producción de 0.25 millones de toneladas cada uno, lo que representó el 7.4 por ciento de la producción

mundial. El tercer lugar se encuentra Colombia que aportó el 6.0 por ciento de la producción mundial con un volumen de 0.20 millones de toneladas, (Figura 3).

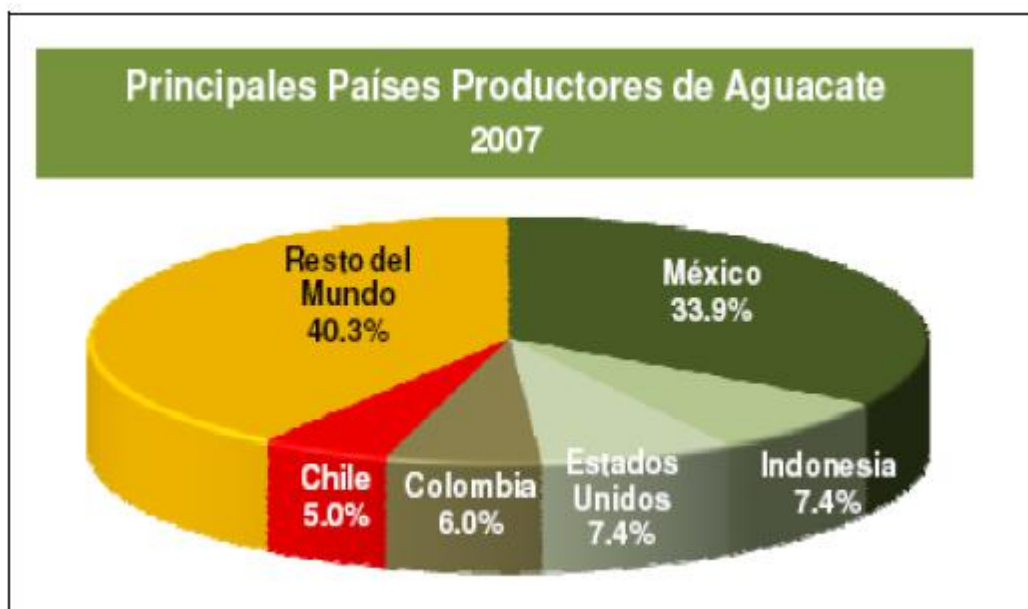


Figura 3. Principales países productores de aguacate de la variedad *Hass* durante el año 2007 (Financiera Rural, 2008).

Producción de Aguacate a Nivel Nacional

El Consumo Nacional Aparente de aguacate en México; en 2010, se incrementó a 738 mil toneladas, registrando una caída con relación al año anterior del 11 por ciento y un comportamiento relativamente estable en los últimos años. La producción nacional muestra un dinamismo promedio de 3 por ciento en el periodo 2003-2010; su monto es suficiente para abastecer el consumo interno y se tiene, además un porcentaje de excedente importante para exportar cercano a las 400 mil toneladas. Las exportaciones muestran un buen dinamismo (16.8 por ciento en promedio en los últimos ocho años). Adicionalmente, la participación de las exportaciones en la producción muestra una tendencia ascendente en dichos años, (Figura 4).

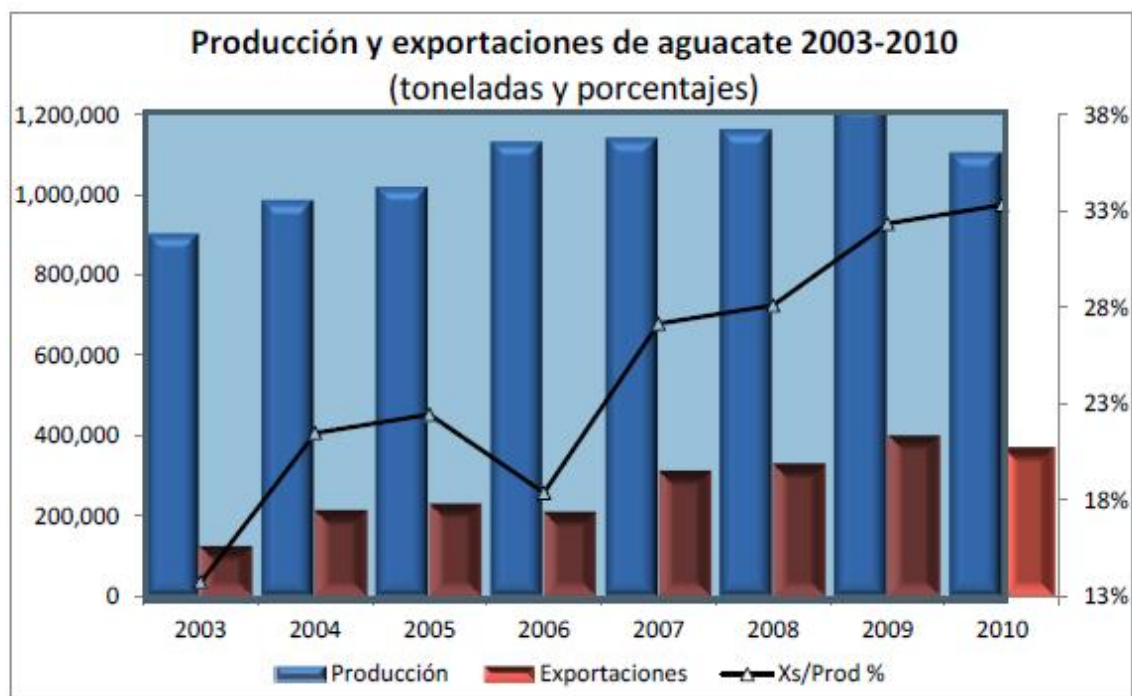


Figura 4. Producción y exportaciones de aguacate 2003-2010. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-SAGARPA-Sistema de Información Arancelaria Vía Internet-Secretaría de Economía)

La superficie sembrada de aguacate en el país, alcanzó las 134,322 hectáreas en 2010, después de un periodo de expansión que comenzó en 2004 (101,882 hectáreas). Dicha expansión fue principalmente en su modalidad de temporal, la cual creció a una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 5.3 por ciento, mientras que la superficie de riego sólo creció 1.3 por ciento en dicho periodo, para alcanzar sus niveles de los años de la década de los 90, lo anterior provocó un buen dinamismo de la producción en el periodo 2004-2009. La superficie de riego representó en 2010 el 40.5 por ciento del total, mientras que la de temporal lo hizo en 59.5 por ciento, (Figura 5).

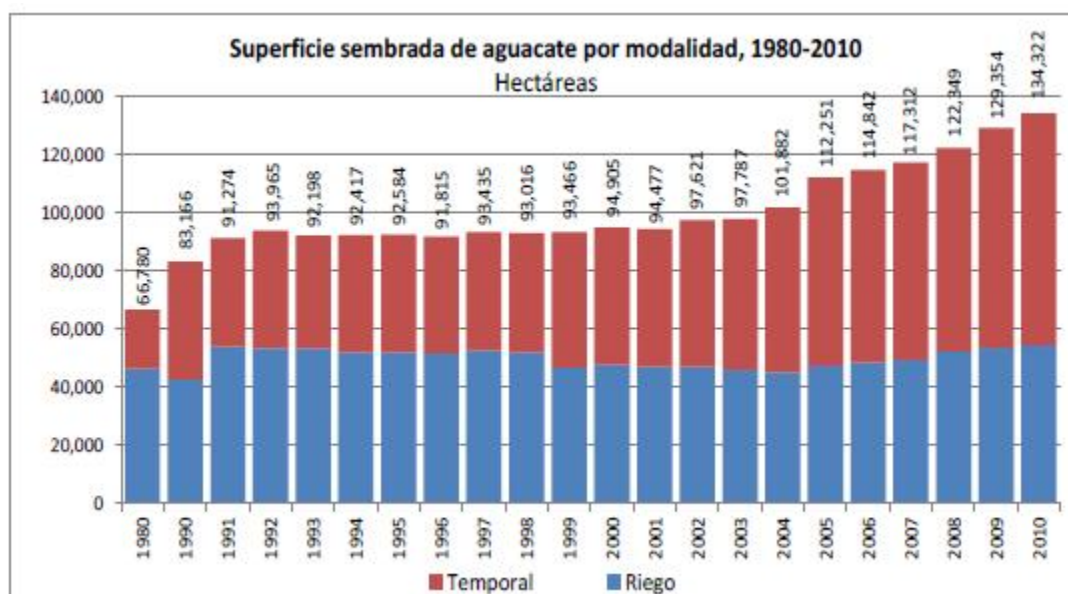


Figura 5. Superficie sembrada de aguacate por modalidad, 1980-2010. (SIAP-SAGARPA)

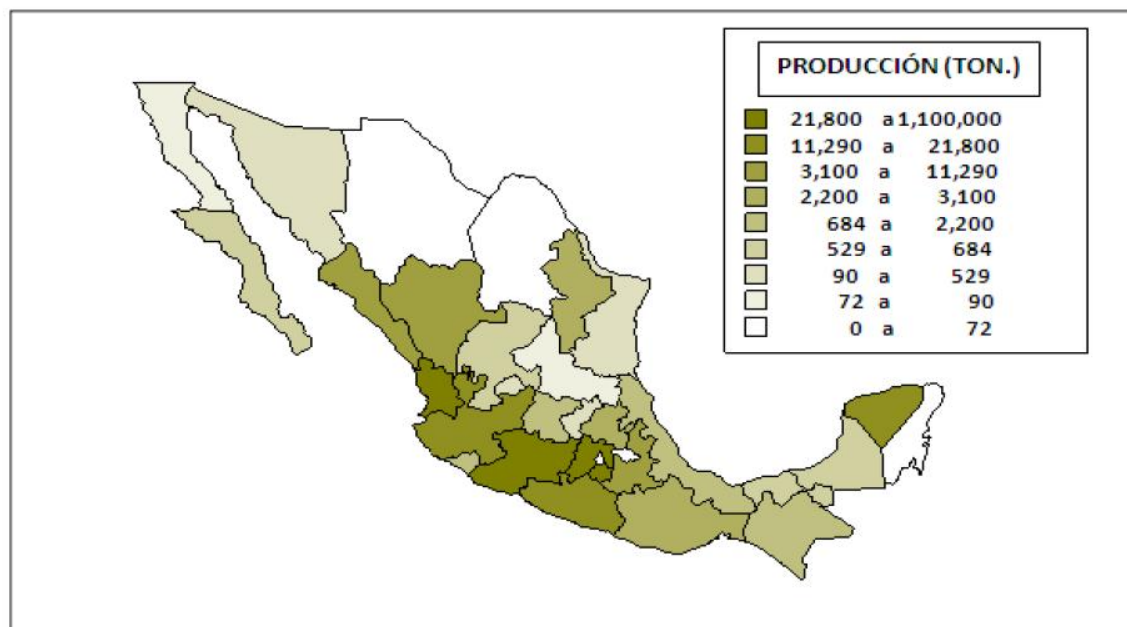
El rendimiento histórico de la producción de aguacate ha mostrado una tendencia creciente, registrando en el periodo 1980-2010 una cifra de 9.4 toneladas por hectárea, con una TMCA de 0.5 por ciento en dicho periodo. Cabe destacar que los rendimientos en la modalidad de riego son en promedio 25 por ciento superiores a los de la modalidad de temporal. En 2010, si bien la superficie sembrada se mantuvo dinámica, se presentó una reducción en los rendimientos de 11.4 ton.ha⁻¹ en 2009 a 9.5 en 2010 en la modalidad de riego; mientras que en la modalidad de temporal dicho indicador pasó de 9.2 a 8.6 ton.ha⁻¹ en dicho año. Lo anterior provocó la reducción de 10 por ciento en la producción nacional de aguacate durante 2010. (Secretaría de economía. 2008)

En México, 28 entidades federativas cultivan aguacate y el Estado de Michoacán es 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 por ciento del total. Otras entidades federativas que también participan en la producción de aguacate son: Jalisco (2.7 por ciento), Morelos (2.4 por ciento), Nayarit (2.3 por ciento), Estado de México (1.9 por ciento), Guerrero (1.1 por ciento) y Yucatán (0.9 por ciento), estas siete entidades en conjunto aportan el 97.3 por ciento de la producción nacional.

Cuadro 2. Producción nacional de aguacate por estado, 2010. (SIAP-SAGARPA)

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Tons)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de pesos)	% Producción	% Prod. Acumulado
Michoacán	107,058	103,303	950,942	9.2	13,293	12,640,768	85.9%	85.9%
Jalisco	8,468	4,226	29,987	7.1	12,364	370,754	2.7%	88.6%
Morelos	3,348	2,999	26,860	9.0	11,451	307,573	2.4%	91.0%
Nayarit	2,708	2,696	25,843	9.6	6,893	178,129	2.3%	93.4%
México	3,615	2,156	21,328	9.9	14,529	309,868	1.9%	95.3%
Guerrero	2,391	1,896	12,334	6.5	6,472	79,831	1.1%	96.4%
Yucatán	489	467	10,418	22.3	4,650	48,449	0.9%	97.3%
Resto	6,246	5,650	29,423	7.6	7,703	230,385	2.7%	100.0%
TOTAL	134,322	123,393	1,107,135	9.0	12,795	14,165,758	100%	

El rendimiento promedio en Michoacán alcanzó las 9.2 toneladas por hectárea, aunque hay dos estados con rendimientos ligeramente mayores (Estado de México y Nayarit con 9.9 y 9.6 ton.ha⁻¹ respectivamente); también, destacan los rendimientos alcanzados en Yucatán (22.3 ton.ha⁻¹), Quintana Roo (17 ton.ha⁻¹), Tamaulipas (15.6 ton.ha⁻¹), Sonora (13.1 ton.ha⁻¹) y Aguascalientes (ton.ha⁻¹). Entidades con una participación marginal en la producción, pero con un buen potencial de crecimiento dados los rendimientos obtenidos (S.E. 2012).



Figura, 6. Producción por entidad federativa (SIAP-SAGARPA)

Producción de Aguacate en Morelos

El aguacate morelense ha ganado un lugar en el gusto de los consumidores más exigentes. Morelos se ha convertido en un punto de referencia en producción de aguacate Hass, variedad mayormente cultivada en el estado. Otras variedades que se producen son el fuerte y el criollo.

En Morelos, el aguacate es producido bajo condiciones climáticas muy similares a las del durazno, lo que ha permitido obtener frutos de calidad donde sobre sale por su sabor y tamaño. De esta forma, el Estado de Morelos ofrece a México y al extranjero, aguacate de calidad; cultivado y cosechado por expertos productores y empresarios.

En la región norte del Estado de Morelos la producción de aguacate se ha convertido en una de las actividades económicas y sociales más importantes, por lo que para su producción se destina una superficie cultivable considerable.

Cuadro 3. Variedades de aguacate en Morelos.

Variedades	Producción %	Producción total (Ton)
Hass	57	1.511
Fuerte	20	
Criollo	23	

Morelos ha ganado adeptos, por lo que la cantidad a ofertar crece de manera exponencial. Otro factor que ha contribuido con la producción en el estado es el establecimiento de centros de acopio que facilitan tanto la recolección, la selección y la comercialización del producto, (<http://morelostierragenerosa.jimdo.com/productos/frescos/aguacate/citado> abril del 2013).

Propagación y Multiplicación

La propagación y multiplicación del aguacate, se lleva a cabo principalmente por la producción sexual de las semillas, de las cuales se obtienen los patrones o portainjertos, que recibirán los injertos correspondientes con la variedad seleccionada.

Una vez obtenido el patrón, que recibe todos los cuidados culturales y sanitarios en los viveros, se procede a la injertación de variedades comerciales, en la cual se utilizan porciones de ramas con yemas, llamadas *púas* o *varetas*. (Rodríguez 1982)

Selección de Semilla

La semilla se obtiene de aguacates criollos de buen vigor y sanos, se deben de recolectar de árboles de huertos en transición (Quintero, 2002). Generalmente se utilizan huesos de frutos de árboles criollos de la raza mexicana, madurados en el árbol, que se hayan desprendido solos y se colecten en el suelo; aunque para garantizar la calidad de la semilla deberían colectarse de frutos sobre el árbol (no en el suelo), perfectamente maduros; conocer el árbol como buen productor de fruta y que no presente ningún trastorno fisiológico ni patológico, como deficiencias nutricionales o plagas y enfermedades; su peso debe ser regular y uniforme para disminuir la heterogeneidad de las plántulas que se obtengan, (Gallegos, 1983)

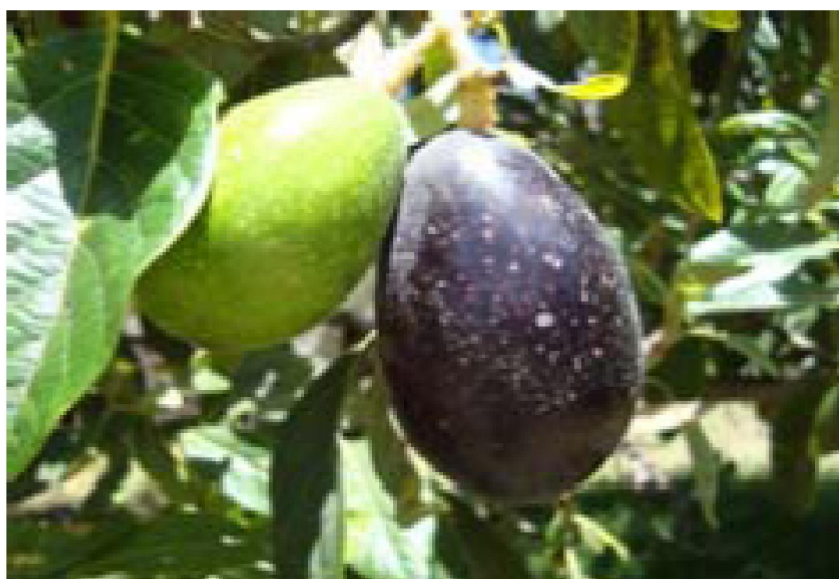


Figura.7.- Aguacate criollo de buen tamaño y vigor para portainjerto.

Siembra de la Semilla

Se recomienda cortar la punta de la semilla para facilitar su germinación, colocándola con la parte más ancha y plana hacia abajo, en surcos a 5 cm, de profundidad y 5 cm, de separación entre semillas, tapar con una capa de suelo de dos centímetros y regar, la germinación ocurre entre los 40 y 60 días después de siembra (Quintero, 2002).

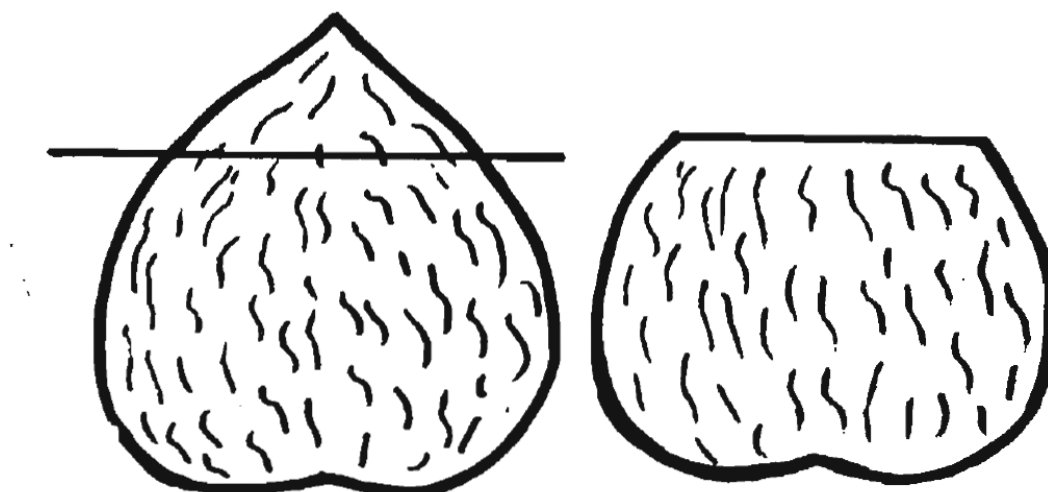


Figura .8.- Cortando la semilla se consigue una germinación más rápida

El Injerto del Aguacate

Consiste en tomar una yema de una variedad mejorada, seleccionada por su calidad y rendimiento e introducirla sobre una planta de una variedad criolla, regional o que resista a condiciones adversa como, sequia, salinidad o enfermedades, entre otras, (Bernal 2008).

Selección de Varetas Portayemas

El injerto que se colocara sobre el patrón, ha de presentar una o varias yemas vegetativas, renuevos que aparecen en forma de botones escamosos; las varetas serán cortadas, no desgarradas, de los extremos terminales de las ramas altas de un árbol cuya variedad y productividad estén plenamente comprobados. Conviene seguir estas recomendaciones, por los siguientes motivos: es posible que las ramas bajas, especialmente las que se inclinan muy cerca del suelo, oficien de vehículos de transmisión de enfermedades virosas y fungosas; el extremo de las ramificaciones son los que presentan las yemas más viables al desarrollo; porque la determinación de las variedades se hace, principalmente, por la disposición del fruto; la productividad segura de la planta donante garantiza la productividad segura de la planta injertada, lo que hace preferible las varetas provenientes de árboles cuya edad oscila entre los cinco y ocho años, si bien, en caso de necesidad, puede utilizarse varetas de árboles menores o mayores. En el momento de seleccionar las varetas, se cuidará de cortar únicamente aquellas ramitas que tengan yemas grandes y turgentes y hojas plenamente desarrolladas; el diámetro de las varetas oscilará entre 1cm y 2.5 cm.; el tamaño de las varetas no es una condición que limite o favorezca el injerto, pero se procurara cortar ramitas de 15 a 25 centímetros de largo. (González.1976).

Tipos de Injerto

Injerto de Hendidura

Este tipo de injerto es el más recomendable cuando el patrón y la púa tienen el mismo diámetro, por ejemplo, entre 0.5 y 1.5 cm; Se corta con unas tijeras de podar el patrón a la altura deseada y se le hace un corte a lo largo por el centro de unos 6 cm de longitud; La púa debe tener al menos un año, el mismo tamaño que el patrón, y dos o tres yemas. Si el patrón es de mayor diámetro que la púa, sólo pueden estar en contacto por un lado; A la púa se le corta un bisel por ambos lados; Se introduce de tal manera que la corteza del patrón y la de la estaca se toquen para que el cambium de ambos elementos quede en contacto; Se ata la unión con rafia de injertar y se encera con pasta o mástic para injertar. Se pone también cera en la punta de la púa; No se desata hasta que las yemas hayan brotado y midan unos 5-10 cm. Más tiempo tampoco es bueno porque puede quedar estrangulado al dificultar el paso de savia. (<http://articulos.infojardin.com/arboles/injertos-tipos-pua-2.htm/>)

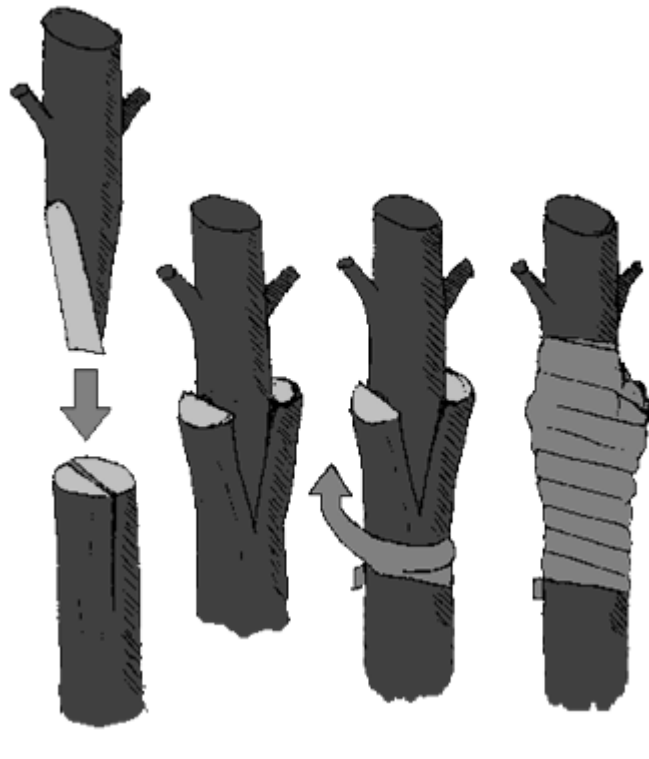


Figura.9.- Injerto de hendidura

Injerto Ingles

Este injerto es recomendable en viveros. El patrón y la púa deben tener el mismo diámetro. Se puede injertar cuando la patrón es aun pequeño, de 0.5 a 1.5 cm de diámetro. Se corta el mismo a unos 7 ó 10 cm del suelo y se hace otro corte oblicuo de unos 2.5cm, es decir que quede una elipse con este diámetro. A la púa, que debe tener dos o tres yemas, se le realiza la misma operación para que coincidan las partes, las cuales también pueden tener una *lengüeta* que afirma mucho más la unión. Luego de insertadas las partes se tratan con cera y se atan; a los 2 ó 3 meses se desata la cinta para evitar un estrangulamiento, (Rodríguez 1982).

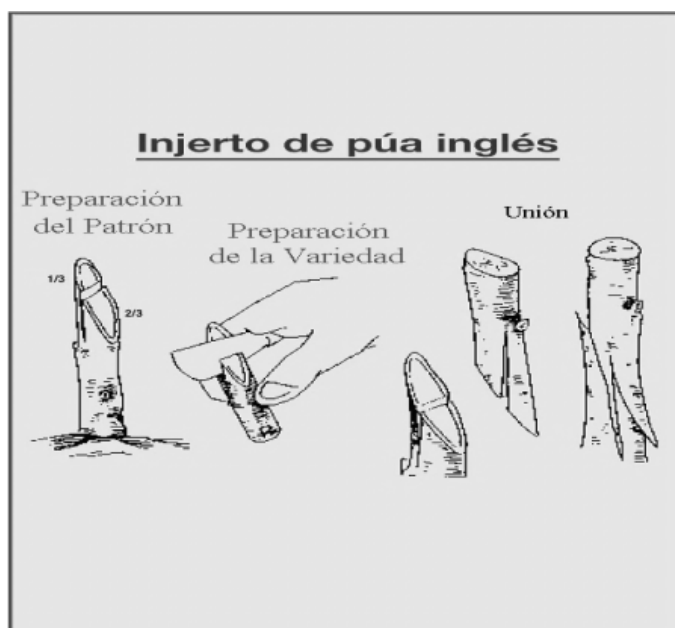


Figura 10.- Injerto de púa inglés

Injerto lateral

Este método es usado para insertar un número de injertos en una extremidad larga sin ramificaciones. De ahí que provea rápidamente una gran superficie foliar para remplazar la que haya sido podada. Para prevenir las escaldaduras por el sol, proveer área de fructificación cerca del tronco, lograr ramitas laterales para llenar vacíos de la rama. El injerto lateral, se corta varetas de seis a ocho yemas en una cuña aguda (de 2 a 3 cm de longitud), con un lado de cuña más grueso y largo que el otro. Se hace un corte inclinado con una navaja grande en un solo lado de la extremidad del patrón y de no más que un cuarto de profundidad. Inclinando suavemente la rama o abriendo el tronco con una navaja, se inserta el injerto, con el lado grueso de la cuña arriba, y empujando a una posición apropiada para lograr un contacto cambial con el patrón. El injerto debe localizarse

de tal manera que no se desarrollen ángulos estrechos entre el injerto y el patrón. Se requiere una cobertura con cera para injerto, (Rivas 2001).

Las Sustancias Húmicas

La materia orgánica del suelo puede contener cantidades muy diferentes de sustancias húmicas y no húmicas. Así, la cantidad de carbohidratos oscilan entre un 5-25 por ciento, las proteínas entre un 15-45 por ciento, los lípidos de un dos por ciento en los suelos forestales a un 20 por ciento en suelos turbosos, y las sustancias húmicas del 33-75 por ciento del total de materia orgánica del suelo. Sin embargo, podemos hacer una estimación de la composición media de la materia orgánica del suelo, (Figura 15).

El origen de las sustancias húmicas ha mostrado ser un factor determinante mediante los atributos moleculares como acidez y tamaño (Senesi *et al.* 1989). Las sustancias húmicas de origen acuático son más pequeñas que las aisladas del suelo. Un caso especial son las sustancias húmicas de leonardita que presentan una estructura más condensada (Thorn *et al.* 1989).

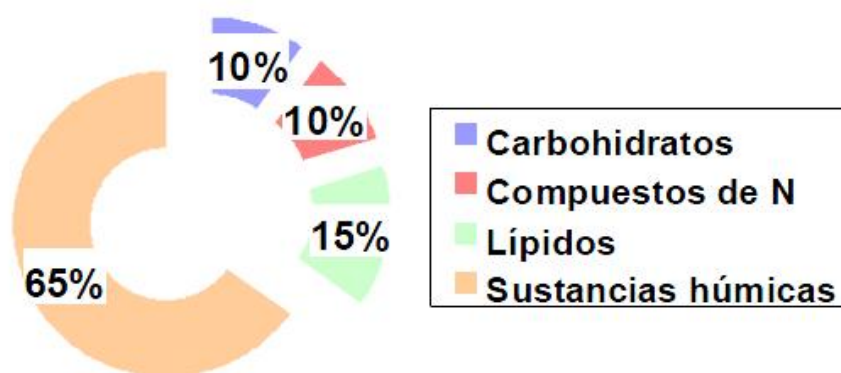


Figura 11. Composición media de la materia orgánica del suelo. Tomada de Senesi *et al.* 1999.

Dentro de estas sustancias heterogéneas, de naturaleza coloidal que hemos llamado sustancias húmicas, encontramos dos grupos de compuestos conocidos como ácidos húmicos y ácidos fúlvicos que podríamos definir como:

- Ácidos húmicos: Material de color orgánico de color oscuro que puede ser extraído del suelo por álcalis y otros reactivos y que es insoluble en ácido diluido (Stevenson, 1994).

- Ácidos fúlvicos: fracción de la materia orgánica del suelo que es soluble en álcali y ácido (Stevenson, 1994).

A pesar de que los ácidos húmicos y fúlvicos comparten en gran medida los efectos en el suelo y en vegetal, su diferente estructura y propiedades físico-químicas hacen que sean unos u otros más eficaces para determinar funciones.

De acuerdo con Stevenson (1994), la materia orgánica del suelo está conformada por la totalidad de las sustancias tipo orgánico presentes en los suelos, incluyendo los restos de tejidos vegetales y animales inalterados, sus productos de descomposición parcial, la biomasa del suelo que algunos autores (Drozd *et al.* 1996) excluye la totalidad de la materia orgánica. La fracción orgánica soluble en agua y la materia orgánica estabilizada: el *humus*. (Figura 16)

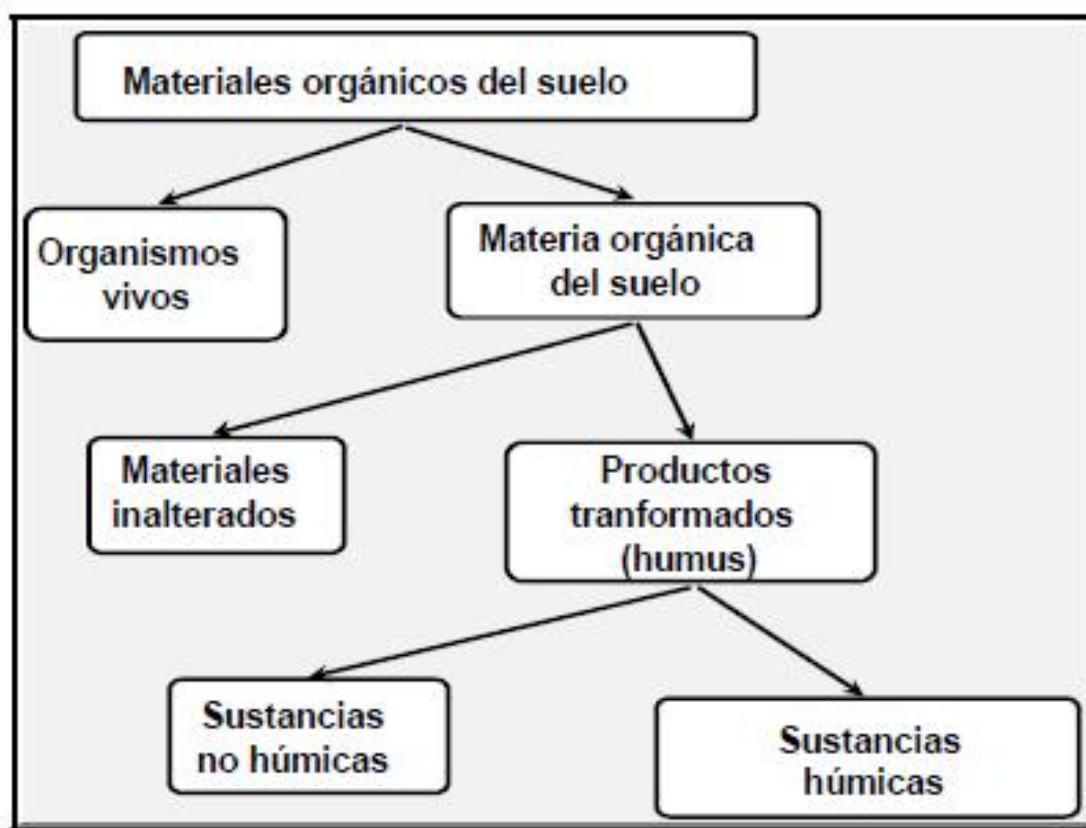


Figura 12. Proceso de los materiales orgánicos del suelo (Drozd *et al.* 1996).

De Saussure en 1804, fue el primero en utilizar la palabra “humus” (que en latín significa suelo), para describir el material orgánico de color oscuro presente en el

suelo. Este autor observó que el humus era más rico en carbono y más pobre en hidrógeno y oxígeno, que el material vegetal de origen. En la actualidad, el término “humus” todavía no se emplea de manera específica y concreta. Mientras que para algunos autores este término significa lo mismo que materia orgánica del suelo, incluyen sustancias húmicas (SH), definidas como materiales orgánicos identificables de elevado peso molecular, poseen polisacáridos y proteínas y sustancias simples como azúcares, aminoácidos y otras moléculas; pero, excluyendo los tejidos de plantas y animales no descompuestos, los productos de descomposición parcial y la biomasa del suelo (Stevenson, 1994, Mac Carthy *et al.* 1990). Otros autores, utilizan el término humus para referirse sólo a las SH (MacCarthy *et al.* 1990).

Las diversas fracciones de las sustancias húmicas, tienen distintas propiedades físico-químicas. Los ácidos fúlvicos contienen entre 1-3 por ciento de Nitrógeno (N), mientras tanto los ácidos húmicos contienen entre el 2-6 por ciento, (Schnitzer, 1976). Los ácidos húmicos contienen un peso molecular más alto y heterogéneo (desde 5000 hasta 1.000.000 Densidad aparente “Da”), los ácidos fúlvicos por el contrario, tienen menor peso molecular y además, es más homogéneo (500-5000 Da) (Aiken *et al.* 1985). Según Calace *et al.* (2000), las estructuras de los ácidos húmicos son más complejas que las de los ácidos fúlvicos, la naturaleza anfifílica de los ácidos húmicos, es mayor que la de los ácidos fúlvicos (Yates III *et al.* 1999). Los ácidos húmicos tienen una menor relación H/C que los ácidos fúlvicos (De Paolis *et al.* 1997). Según Stevenson (1994), la acidez total de los ácidos fúlvicos (900-1400 cmol/kg⁻¹), prácticamente duplica a la de los ácidos húmicos (500-870 cmol/kg). Esta mayor acidez de los ácidos fúlvicos se debe a que estas sustancias tienen un contenido mayor en grupos carboxilos (- COOH) e hidroxílicos (-OH), presumiblemente fenólicos, que los ácidos húmicos.

Por tanto, a pesar de ser consideradas globalmente como sustancias húmicas, la humina, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, tienen numerosas diferencias físico-químicas que hacen que el comportamiento en el suelo y sus acciones fisiológicas en las plantas sean distintos según la fracción utilizada, (Stevenson, 1994).

Efectos de las Sustancias Húmicas

Los efectos, de la aplicación en el suelo, de las sustancias húmicas sobre las cosechas han sido explicadas por diferentes teorías (Benedetti *et al.* 1990; Cacco *et al.* 1984). La más aceptada por la comunidad científica es la hipótesis que asigna a las sustancias húmicas unos “efectos directos” sobre la planta, teniendo un comportamiento hormonal, y unos “efectos indirectos” actuando sobre el metabolismo de los microorganismos del suelo y la dinámica de los nutrientes, las

sustancias húmicas son capaces de alterar la absorción de macronutrientes por las raíces (Visser, 1985) y modificar las actividades enzimáticas implicadas en el metabolismo del nitrógeno. Autores como Ferreti *et al.* (1991), Malcolm *et al.* (1979) y Visser (1985) parecen demostrar que las sustancias húmicas son capaces de inducir cambios estructurales en el ADN, también pueden ser muy eficaces, para disminuir la contaminación del suelo producida por metales pesados o compuestos orgánicos como los herbicidas (Lubal *et al.* 1998, Loffredo *et al.* 1997).

Los distintos efectos que las sustancias húmicas producen en las propiedades del suelo o en el desarrollo vegetal van a estar gobernados por la concentración en la que se encuentren, su naturaleza (García, 1990), el peso molecular de las fracciones húmicas y su contenido en los grupos funcionales (Piccolo *et al.* 1992), así como la especie vegetal, su edad y su estado nutricional (Albuzio *et al.* 1986).

Efectos en el Suelo

La materia orgánica, concretamente las sustancias húmicas pueden incidir en la nutrición vegetal por distintos mecanismos.

- *Suministro de nutrientes a las raíces:* las sustancias húmicas pueden servir de fuente de N, P y Azufre (Akinremi *et al.* 2000), que liberan a través de la mineralización que la materia orgánica sufre en el suelo. Esta fuente de elementos también se debe a la posibilidad de complejar metales que tienen las sustancias húmicas, (Tan *et al.* 1979, Sánchez-Andreu *et al.* 2000). Sin embargo, este comportamiento va a estar determinado, en gran medida por el cultivo y las condiciones que lo rodean. Akinremi *et al.* (2000) concluyeron que la adición de leonardita provocaba mejoras en los niveles foliares de N, P, K de los cultivos de nabos, trigo y judías. Además, en el cultivo de nabos se producía un aumento en el nivel de S. Estos resultados se deben, según los autores, a una combinación de los efectos directos de los ácidos húmicos sobre los procesos fisiológicos de la planta, y un efecto indirecto incrementando la disponibilidad de nutrientes para el vegetal.
- *Mejora la estructura del suelo:* los suelos pobremente agregados tienen un tamaño de poro demasiado pequeño para permitir el necesario movimiento del aire y el agua, por el contrario en suelos con agregados estables, aunque sean de textura fina hay un adecuado intercambio de gases con la atmósfera (Stevenson, 1994), creciendo las raíces en un ambiente más idóneo y teniendo la planta un mejor crecimiento.
- *Incremento en la población microbiana:* la adición al suelo de sustancias húmicas que se utilizan como fuente de carbono, incrementa la población microbiana y por tanto la actividad enzimática asociada (Lizarazo, 2001). Benz *et al.* (1998) han intentado encontrar la conexión entre la

reducción biológica de ácidos húmicos con la reducción química de hierro, considerando las bacterias reductoras de hierro (Lovely *et al.* 1986).

- *Incremento en la capacidad de intercambio catiónico (CIC)*: en la fertilidad del suelo, el intercambio de cationes de la fracción orgánica es de absoluta importancia, ya que va a suponer el suministro de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micronutrientes (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) para las plantas. La capacidad de intercambio catiónica del suelo puede depender en más de un 80% de la materia orgánica, por tanto existen una relación directa entre CIC y el contenido de materia orgánica. Por lo general los ácidos húmicos van a adsorber preferentemente cationes polivalentes frente a monovalentes. Para iones con igual valencia, los menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción (Stevenson, 1994).

Efectos en la Planta

En los últimos años, las investigaciones sobre sustancias húmicas se han centrado sobre todo en sus acciones directas. Se han investigado sus efectos bioestimulantes (Ramos, 2000; Vivas, 2001) considerando la aplicación de estos productos en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tienen lugar en la planta.

Estudios realizados demuestran que la aplicación de ácido húmico en aguacate tiene una influencia positiva en el incremento del vigor general del árbol. Los árboles tratados son mayor tamaño y el sistema radicular estaba mejor desarrollado que en los árboles controles. (Rengrudkij y Partida, 2003)

Efectos en el Crecimiento Radicular

Si nos referimos a la influencia de las sustancias húmicas en el crecimiento y desarrollo de la raíz, se considera suficientemente probado que estos compuestos mejoran el crecimiento radicular, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sladky, 1959; Fernandez 1968, Sánchez-Conde *et al.* 1972; Sánchez-Andreu *et al.* 1994). Tanto la elongación como la formación de los primeros pelos radiculares van a estar afectados por los materiales húmicos. Las dosis empleadas de las sustancias húmicas van a ser determinantes para que los efectos sean positivos o negativos. Young *et al.* (1997) encontraron que ácidos húmicos purificados procedentes de diferentes orígenes mejoraban significativamente el crecimiento radicular en semilleros de lechuga, pasando de una longitud radicular media de 13.6 mm para el control a 20.2 mm cuando se aplicaban ácidos húmicos de turba.

Efectos de Absorción de Macronutrientes

La estimulación del crecimiento vegetal producido por las sustancias húmicas ha sido generalmente relacionado con la mejora en el contenido en Macronutrientes. Como en todos los efectos de las sustancias húmicas, su

influencia en la absorción de Macronutrientes va a estar determinada por: la especie vegetal tratada; Guminski *et al.* (1983) encontraron que la adición de 100 mg kg⁻¹ de sustancias húmicas procedentes de compost provocaba aumentos en la concentración de fósforo (P) y potasio (K) en las plantas de tomate, mientras que en plantas de maíz, similares concentraciones de sustancias húmicas provocaba disminuciones en la concentración de P; el origen del material húmico; Fernández *et al.* (1968) demostraron que los ácidos húmicos de estiércol incrementaban la absorción de N independientemente de la dosis, mientras que los ácidos húmicos de turba sólo mejoraban los niveles de N cuando se usaban concentraciones muy bajas; o las dosis utilizadas; por lo general altas concentraciones de ácidos húmicos y/o fúlvicos inhibitorias (Rauthan *et al.* 1981). También debemos considerar el tipo de sustrato sobre el que se ha desarrollado el cultivo.

Efectos de Absorción de Micronutrientes

La importancia de las sustancias húmicas radica también en su capacidad para formar complejos con los distintos metales de transición. En los suelos calizos, con pH alcalino, la concentración de los Micronutrientes en la disolución del suelo puede ser insuficiente para las necesidades de las plantas (Lindsay, 1991). En este caso el estímulo del crecimiento vegetal, por la aplicación de sustancias húmicas, puede atribuirse sobre todo al mantenimiento del cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y especialmente el hierro (Fe) en disolución, en niveles que eviten la aparición de macrocarencias (Chen *et al.* 1994).

Autores como Fortún *et al.* (1986 a,b), Abad *et al.* (1991) y Fagbenro *et al.* (1993) constataron que la presencia de diferentes compuestos húmicos en la solución nutritiva, o su aplicación al suelo, estaba acompañada de un aumento significativo en la asimilación de Fe, Cu, y Zn. La asimilación de Mn era menor en los estudios realizados por Fagbenro *et al.* (1993) debido, al parecer a la competencia de Fe-Mn en el proceso de asimilación de Cu y Zn al aplicar ácidos húmicos en suelos alcalinos; Reina *et al.* (1988) obtuvieron resultados parecidos pero aplicando ácidos fúlvicos.

Leonardita

Es una sustancia terrosa, blanda, de color marrón oscuro carbonosa, asociada al lignito. La Leonardita es una materia orgánica que no ha alcanzado el estado de carbón, en el proceso de transformación, o fosilización de residuos vegetales (vegetal>turba>carbón).

La diferencia entre la Leonardita y otros productos que contienen sustancias húmicas, es su extrema bioactividad debida a su estructura molecular. La actividad biológica es unas cinco veces mayor que cualquier otra materia húmica.

En cuanto a su formación, se remonta a la era carbonífera del Paleozoico, cerca de 280 millones de años atrás. Y se llama así en homenaje al Dr. A.G. Leonard, el primer director del Servicio Geológico del Estado de Dakota del Norte y primer científico que estudió las propiedades de una sustancia que, en aquella época, suponía un residuo de las minas carboníferas, y que a la postre, resultó ser la mayor fuente de sustancias húmicas conocida. (<http://www.bonsaimenorca.com/articulos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/> citado abril 2013)

Nutrientes para el cultivo del aguacate

Los elementos necesarios para el cultivo del aguacate son el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro, cobre, zinc, boro, molibdeno y manganeso; dependiendo a la cantidad necesitada por la planta de cada uno de estos elementos, se diferencian a los mismos en dos grandes grupos:

Macronutrientes: la planta utiliza grandes cantidades de los mismos, más de 10 ppm de cada uno de ellos.

Micronutrientes: la planta necesita menos de 1 ppm de los mismos.

Los efectos que tienen cada uno de los nutrientes en la planta son los siguientes: nitrógeno; nuevas producciones vegetativas, fósforo; actúa en la fotosíntesis, potasio; activación de las enzimas, boro; desplazamiento de azúcares y otros, cobre; asociación de enzimas, manganeso; activación de enzimas, zinc; Estimulación de enzimas, magnesio; parece contribuir la síntesis de las grasas, hierro; Necesario para la función clorofílica, molibdeno; relacionado con la activación enzimas y calcio; segmentación. (<http://mdc.ulpgc.es/cdm/fullbrowser/collection/xoba/id/135/rv/singleitem/> citado mayo del 2013)

Desviación del Óptimo Porcentual

La Desviación del Óptimo Porcentual (DOP), también considerado un método estático, usa una comparación de la concentración del nutriente respecto a una norma, pero expresado porcentualmente (Montañés *et al*, 1991 y Montañés 1993; Monge *et al*, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero de dos aguas, del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, del Campus sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a $25^{\circ} 23'$ de Latitud Norte y $101^{\circ} 00'$ de Longitud Oeste y altitud de 1742 msnm (Figura 13).

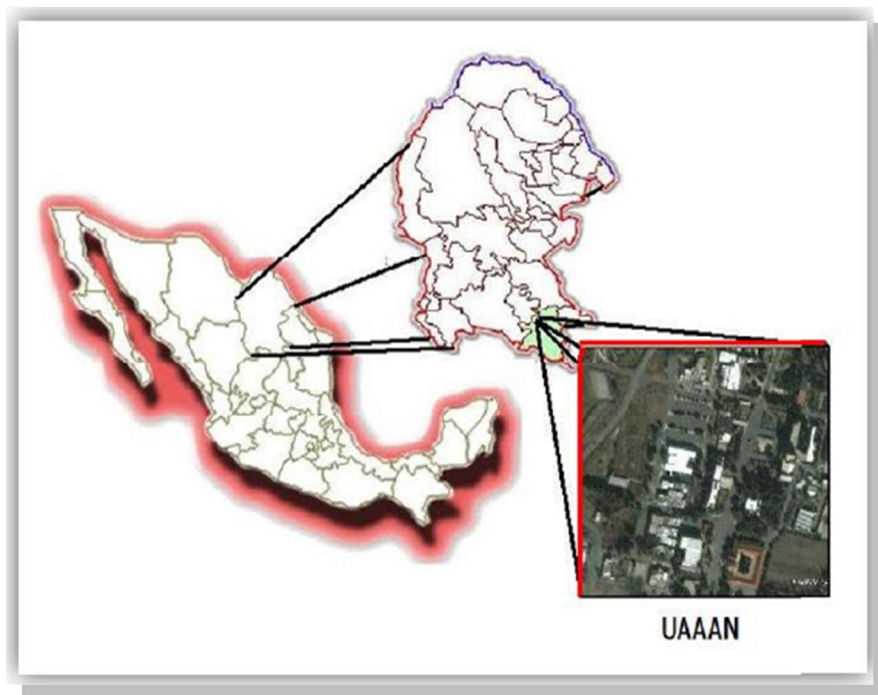


Figura 13. Localización del área experimental

METODOLOGÍA

En Ocuiluco, Morelos, con 18°52'3" de latitud norte y los 98° 46' de Longitud Oeste 1920 m.s.n.m., se inició el presente trabajo. Se tomó a aguacate "criollo" como banco ("portainjerto"). Posteriormente, se procedió a realizar el injerto en donde se utilizó la variedad Haas comercial. El tipo de injerto que se realizó, fue de hendidura y enchapado lateral; para la realización de esta práctica se contrató un experto ya que el injerto del aguacate es muy delicado y sensible.



Figura 14. Portainjerto de Aguacate Criollo

Una vez realizado el injerto, las planta se trasportaron de Ocuiluco, Morelos al invernadero de la UAAAN en Saltillo, Coahuila y fueron trasplantadas en macetas que contenían 20 kg de un suelo Andisol de Zamora, Michoacán, con las características siguientes: pH = 6.8; Materia Orgánica (M.O.) = 0.7 por ciento; Textura Arenosa y Conductividad Eléctrica C.E. = 0.89 dS.m⁻¹. A los ocho días después de ser trasplantadas, se aplicaron los tratamientos 5, 10 y 15 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido húmico experimental (AHE), un ácido húmico

comercial (HUMC), un ácido fúlvico experimental (AFE) y un ácido fúlvico comercial (AFC) (Cuadro 4); también se fertilizó con las cantidades y los fertilizantes mostrados en el Cuadro 5. La fertilización, se realizó cada mes durante los primeros nueve meses; posteriormente, se realizó una segunda aplicación de los tratamientos, se aumentó la cantidad de nutrimentos y se adicionaron durante 10 ocasiones (Cuadro 6).

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos.

Tratamiento	Dosis
AHE	5ml + F.Q
	10ml + F.Q
	15ml + F.Q
HUMC	5ml + F.Q
	10ml + F.Q
	15ml + F.Q
AFE	5ml + F.Q
	10ml + F.Q
	15ml + F.Q
AFC	5ml + F.Q
	10ml + F.Q
	15ml + F.Q
TESTIGO	F.Q

Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes aplicadas a la planta de aguacate, durante nueve ocasiones.

Fertilizantes	Dosis (g)
NH ₄ NO ₃ (Nitrato de Amonio)	10
NH ₄ H ₂ PO ₄ (Fosfato monoamónico – MAP)	5
K ₂ SO ₄ (Sulfato de Potasio)	5

Cuadro 6. Cantidad de fertilizantes adicionadas a plantas de aguacate, durante 10 ocasiones.

Fertilizantes	Dosis (g)
Ca(NO ₃) ₂ (Nitrato de Calcio)	20
NH ₄ NO ₃ (Nitrato de Amonio)	15
NH ₄ H ₂ PO ₄ (Fosfato monoamónico – MAP)	10
K ₂ SO ₄ (Sulfato de Potasio)	10
FeSO ₄ (Sulfato Ferroso)	5
ZnSO ₄ (Sulfato de Zinc)	5
CuSO ₄ (Sulfato de Cobre)	3

El trabajo, se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar y arreglo factorial A x B x C, donde A= Substancias húmicas, B=Dosis y C=Fechas de muestreos, con cinco repeticiones cada uno. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tuckey ($p \leq 0.05$); para lo anterior, se usó el Software para computador R versión 2.14.1 (R, Development Core Team, 2011).

La variables medidas fueron: número de brotes del injerto (NB); número de yemas del patrón (NY); altura inicial (AI); altura del injerto (Aln); diámetro del injerto (DI); altura del patrón más injerto (API); diámetro del patrón (DP). Al tejido vegetal de follaje, se le determinó el contenido de potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), zinc (Zn), fierro (Fe) y cobre (Cu) (Espectrofotómetro de Absorción atómica – Marca Varian, modelo A 5).

Con los datos obtenidos, mediante el Método de Desviación Óptima Porcentual (DOP) (Montañez *et al.* 1991), se estableció el análisis nutrimental.

RESULTADOS

Número de Brote del Injerto

El análisis de varianza (Cuadro 7), muestra que no hay efecto significativo de los tratamientos, ni de las dosis en esta variable. En la Figura 15, se puede notar que numéricamente no hay efecto de los tratamientos; sin embargo, al adicionar el ácido húmico comercial a la cantidad de 10 mL.L⁻¹ de agua (AHMC 10 ml), el ácido fúlvico experimental a la misma dosis (AFE 10 ml) y el ácido fúlvico comercial a 5 mL.L⁻¹ de agua (AFE 5 ml), aumentó el valor de esta variable, lo que indica que al aplicar estos tratamientos, se aventajó en 60 por ciento al testigo.

Cuadro 7. Análisis de varianza del número de brotes del injerto de plantas de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	1.6	0.13333	0.7619	0.6850 ^{NS}
Repeticiones	4	0.4	0.10000	0.5714	0.6846 ^{NS}
Error	48	8.4	0.17500		

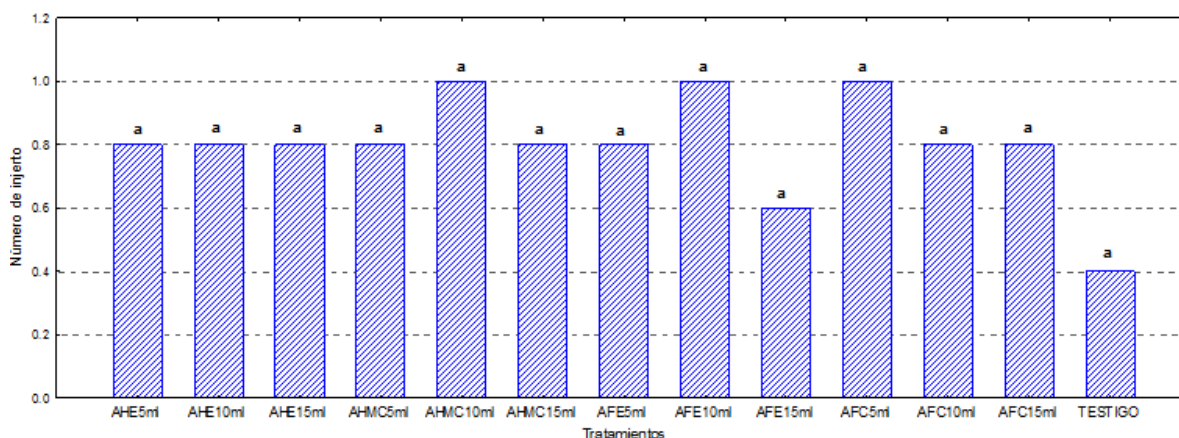


Figura 15. Número de brotes del injerto en plantas de aguacate, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Número de Yemas del Patrón

El análisis de varianza, muestra que hay diferencia significativa por los tratamientos en esta variable; mientras que, con las diferentes dosis no existe significancia alguna (Cuadro 8). Al comparar las medias de los valores de esta variable, se encontró que al adicionar los ácidos húmicos experimentales a la cantidad de 5 ml.L⁻¹ de agua (AHE), se presentó el valor superior, lo que indica ventaja del 90 por ciento con relación al testigo.

Aquí, de forma general, se puede establecer que al agregar los ácidos húmicos experimentales (AHE), conforme aumentó la dosis, disminuyó el valor de esta variable; mientras que, con la adición de los ácidos húmicos comerciales (AHMC), al aumentar la dosis se observa un comportamiento más o menos normal de los resultados. Similar situación, a esta última, se presentó al aplicar los ácidos fúlvicos experimentales (AFE), solo que con la adición de la dosis superior, la cuantía disminuyó considerablemente y conforme se aumentó la cantidad de los ácidos fúlvicos comerciales (AFC), los valores de esta variable aumentaron.

Cuadro 8. Análisis de varianza del número de yemas del patrón, de plantas de aguacate, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	147.785	12.3154	2.1902	0.02759 *
Repeticiones	4	31.292	7.8231	1.3912	0.25113 ^{NS}
Error	48	269.908	5.6231		

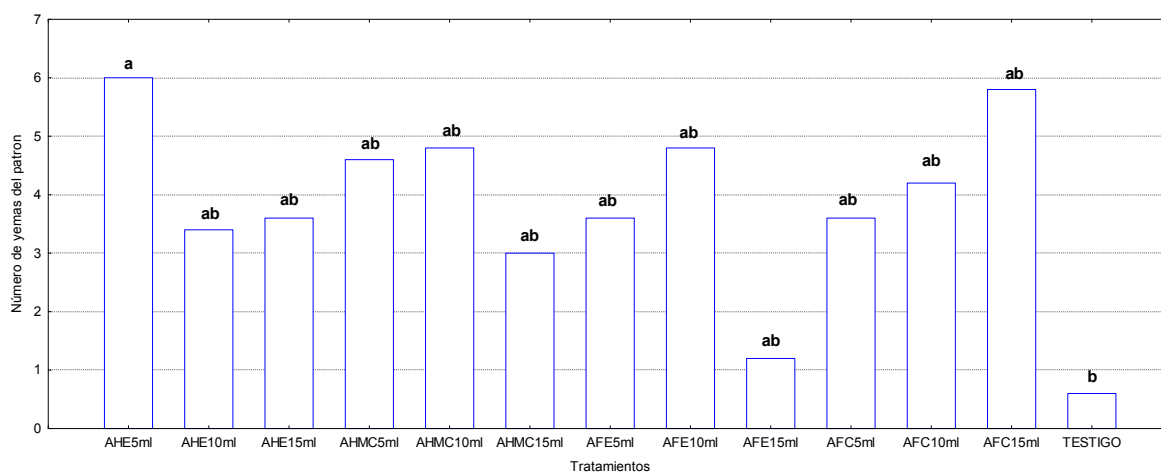


Figura 16. Número de yemas del patrón en plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita

Altura Inicial

El análisis de varianza, de esta variable, presenta que hay diferencia significativa por efecto de tratamientos; pero, no lo hay por las dosis (Cuadro 9). Aquí, se puede notar que al adicionar los ácidos fúlvicos experimentales, con dosis de 15 mL.L^{-1} de agua (AFE 15ml), se presentó un valor mayor, lo que indica que al aplicar este tratamiento, se aventajó en 21 por ciento al testigo; mientras que, todos los demás valores fueron muy similares con la adición de los otros tratamientos (Figura 17).

Cuadro 9. Análisis de varianza de la altura inicial de plantas de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	646.74	53.895	2.2252	0.02519 *
Repeticiones	4	112.83	28.208	1.1646	0.33817
Error	48	1162.57	24.220		

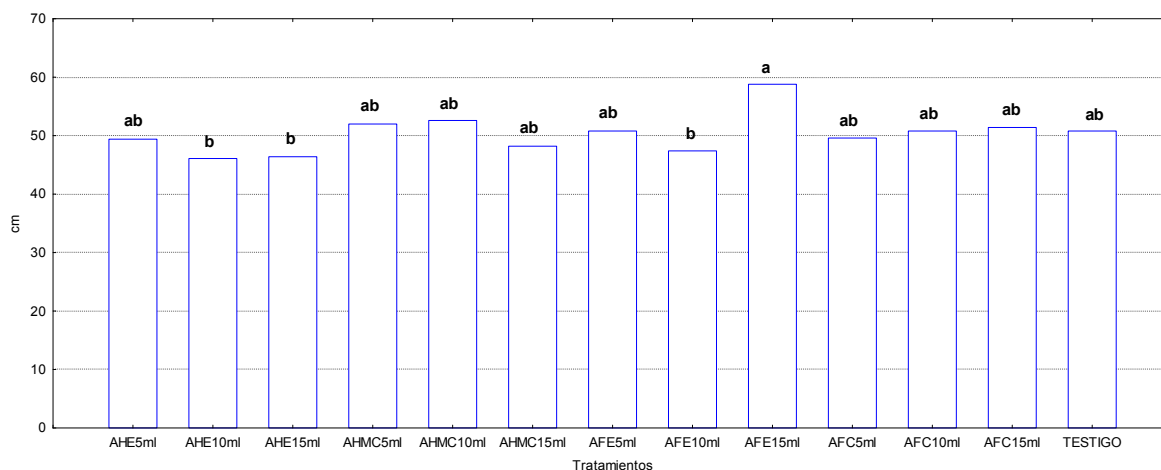


Figura 17. Altura inicial en plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Altura del Injerto

En los análisis de varianza, se muestra que hay efecto altamente significativo de los tratamientos, en ambos muestreos; mientras que, no lo hay por efecto de las repeticiones (Cuadros 10 y 11). Aquí, se nota que al adicionar el ácido fúlvico experimental a la dosis de 15 mL.L^{-1} de agua (AFE 15ml), aumentó el valor, lo que indica que al aplicar este tratamiento, se aventajó en 49.77 y 67.62 por ciento al testigo, en el primer y segundo muestreo, respectivamente (Figura 28).

Además, al aplicar los ácidos húmicos experimentales (AHE), en el primer muestreo los valores se distribuyeron de una forma normal, de la dosis baja a la dosis alta; sin embargo, en el segundo muestreo al aumentar la cantidad de los compuestos orgánicos, disminuyeron los valores. Con la adición de los ácidos húmicos comerciales (AHMC), en ambos muestreos, al aumentar la dosis aumentaron los valores de esta variable. Similar situación, se presentó al agregar los ácidos fúlvicos experimentales (AFE); mientras que, cuando se aplicaron los ácidos húmicos comerciales (AFC), las cuantías presentaron una distribución normal en ambas fechas de muestreo. El valor del testigo, en el primer muestreo, fue el más inferior, con relación a todos los demás tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de varianza del primer muestreo de altura del injerto en plata de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	1207.38	100.615	6.2329	0.000 **
Repeticiones	4	26.55	6.638	0.7169	0.799 ^{NS}
Error	48	774.85	16.143		

Cuadro 11. Análisis de varianza del segundo muestreo de altura del injerto en plata de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	3670.6	305.887	4.8734	0.000 **
Repeticiones	4	261.0	65.244	1.0395	0.396 ^{NS}
Error	48	3012.8	62.767		

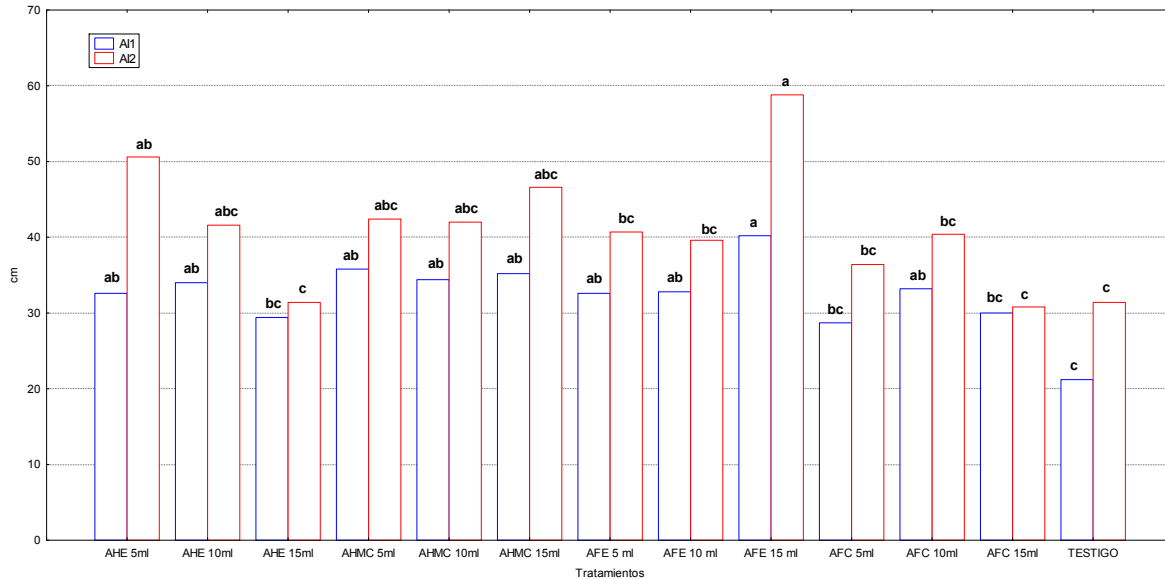


Figura 18. Altura del injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Diámetro del Patrón

En el primer muestreo, de esta variable, hay diferencia altamente significativa del efecto de los tratamientos (Cuadro 12); pero, en el segundo muestreo no la hay (Cuadro 13). A partir de la Figura 19, se puede establecer que en el primer muestreo, al adicionar los ácidos húmicos comerciales, a las dosis de 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua (AHMC 10 y 15 ml), aumentó el valor de esta variable, lo cual indica que al aplicar estos tratamientos, se adelantó en 31.5 por ciento al testigo. Sin embargo, en el segundo muestreo, gráficamente se puede establecer que al adicionar el ácido húmico experimental a la dosis de 5 mL.L⁻¹ de agua (AHE 5ml), aumentó el valor; esto indica que se aventajó en 16.67 por ciento al testigo.

Cuadro 12. Análisis de varianza, en el primer muestreo del diámetro del patrón de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	0.98154	0.081795	4.0508	0.000**
Repeticiones	4	0.09077	0.022692	1.1238	0.356 ^{NS}
Error	48	0.96923	0.020192		

Cuadro 13. Análisis de varianza, en el segundo muestreo del diámetro del patrón de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	0.30215	0.025179	1.2578	0.274 ^{NS}
Repeticiones	4	0.14308	0.035769	1.7867	0.146 ^{NS}
Error	48	0.96092	0.020019		

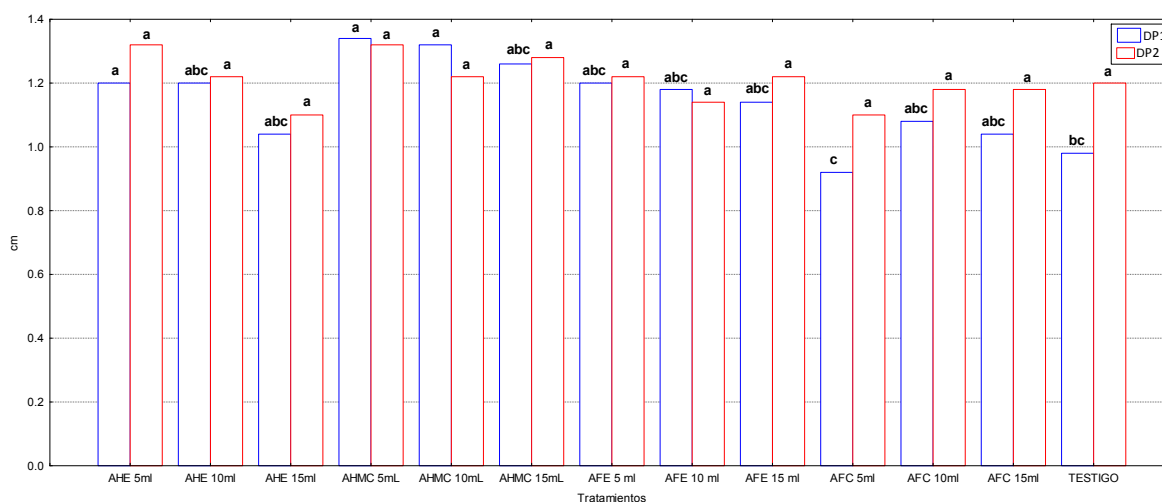


Figura 19. Diámetro del patrón, en dos muestreos, de plantas de aguacate injertadas al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Diámetro del Injerto

En el primer muestreo, los tratamientos no realizaron efecto; mientras que en el segundo muestreo si lo efectuaron (Cuadros 14 y 15). Gráficamente, en el primer muestreo, el máximo valor se presentó en el testigo, ya que aventajó en 21.69 por ciento a las plantas donde se agregaron los ácidos fúlvicos experimentales a la cantidad de 15 ml.L⁻¹ de agua (AFE 15 ml). En el segundo muestreo, con efecto significativo, se presentó que al aplicar 5ml.L⁻¹ de agua del ácido húmico comercial (AHMC 5ml), 10 ml.L⁻¹ de agua del ácido húmico experimental (AHE10 ml) y la misma dosis, solo que del ácido fúlvico comercial (AFC 10 ml), aumentaron el valor de esta variable, porque se aventajó al testigo en 31.71, 45 y 47 por ciento, respectivamente (Figura 20).

En el segundo muestreo los valores se distribuyeron de forma más o menos normal, conforme aumentó la dosis de los ácidos húmicos experimentales (AHE). Cuando se adicionaron los ácidos húmicos comerciales (AHMC) y los ácidos fúlvicos experimentales (AFE), al aumentar la dosis, el valor disminuyó y con la

aplicación de los ácidos fúlvicos comerciales (AFC), las cuantías se distribuyeron de forma más o menos normal. El valor del testigo, en este muestreo, fue el más inferior.

Cuadro 14. Análisis de varianza del diámetro del injerto, en el primer muestreo, de plantas de aguacate injertadas, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	0.8658	0.072154	0.4459	0.935 ^{NS}
Repeticiones	4	0.5255	0.131385	0.8120	0.523 ^{NS}
Error	48	7.7665	0.161801		

Cuadro 15. Análisis de varianza del diámetro del injerto, en el segundo muestreo, de plantas de aguacate injertadas, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	1.04585	0.087154	2.8769	0.004 ^{**}
Repeticiones	4	0.18985	0.047462	1.5667	0.198 ^{NS}
Error	48	1.45415	0.030295		

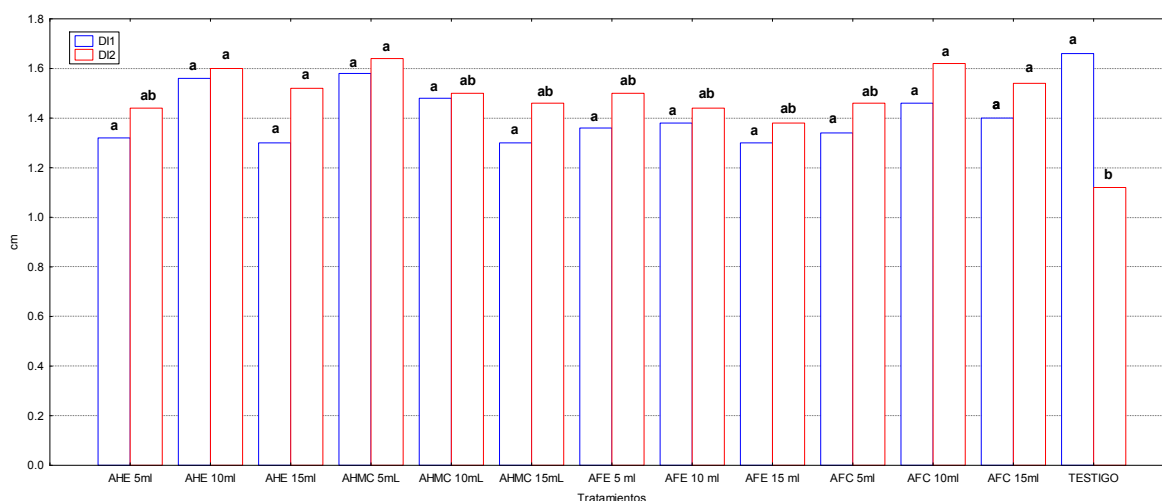


Figura 20. Diámetro del injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Altura del Patrón más Injerto

En el primer muestreo, los tratamientos no realizaron efecto; mientras que en el segundo muestreo si lo efectuaron (Cuadros 16 y 17). A partir de la Figura 21, se puede establecer que en ambos muestreos, al adicionar los ácidos a fúlvicos experimentales, a la dosis de 15 mL.L^{-1} de agua (AFE 15ml), aumentó el valor de esta variable, lo cual indica que al aplicar este tratamiento, en la primer fecha de muestreo, se adelantó en 22.12 por ciento y en la segunda con 23.34 por ciento al testigo, respectivamente.

En la misma Figura, se presenta que en el segundo muestreo, al adicionar los ácidos húmicos experimentales (AHE), conforme aumentó la dosis de los compuestos húmicos, disminuyeron los valores. Con la aplicación de los ácidos húmicos comerciales (AHC) y los ácidos fúlvicos experimentales (AFE), los valores fluctuaron de 80 a 100 cm, con la dosis más baja; pero, cuando se agregó la dosis media, los valores se redujeron y con la dosis alta, nuevamente aumentaron. Con las dosis baja y media de los ácidos fúlvicos comerciales (AFC), las cuantías de esta variable, permanecieron constantes entre los 80 y 85 cm de longitud; sin embargo, con la adición de la dosis mayor, el valor disminuyó, este último valor fue muy similar al del testigo.

Cuadro 16. Análisis de varianza de la altura del patrón más injerto, en el primer muestreo, de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	1624.2	135.346	1.3010	0.249 ^{NS}
Repeticiones	4	351.0	87.754	0.8436	0.504 ^{NS}
Error	48	4993.4	104.029		

Cuadro 17. Análisis de varianza de la altura del patrón más injerto, en el segundo muestreo, de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	2449.4	204.113	2.2959	0.020*
Repeticiones	4	895.5	223.885	2.5184	0.053*
Error	48	4267.3	88.901		

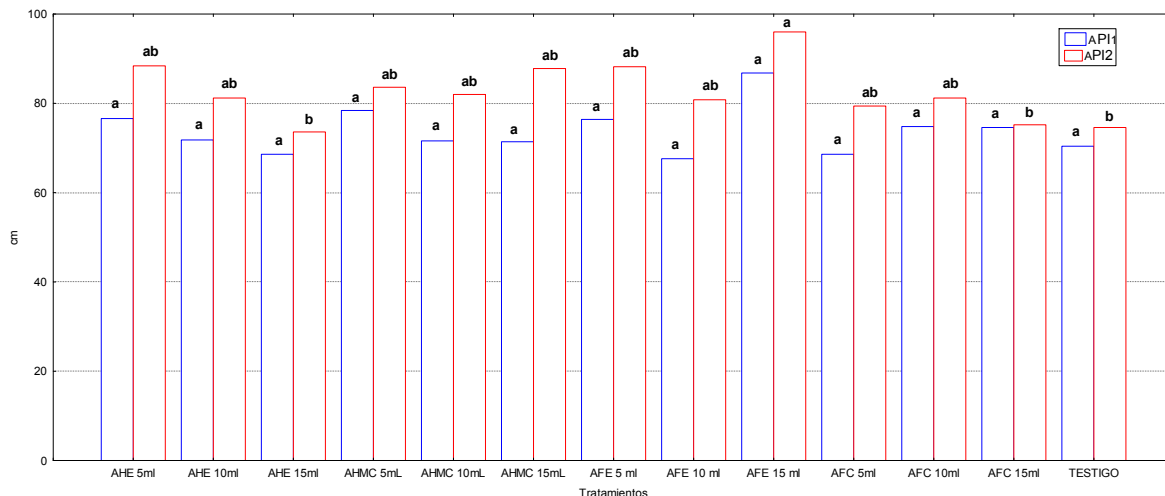


Figura 21. Altura del patrón más injerto de plantas de aguacate, en dos muestreos, al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Contenido Nutricional del Tejido Vegetal de Follaje

Potasio (K)

En este nutrimento, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (Cuadro 18); esto es, al adicionar 5 ml. L⁻¹ de agua de los ácidos húmicos comerciales (AHMC 5ml), aumentó la cantidad en el tejido vegetal de follaje y significa que aventajó al testigo en 48 por ciento. Aquí, al aumentar la dosis de los ácidos húmicos experimentales (AHE), los ácidos fúlvicos experimentales (AFE) y comerciales (AFC), disminuyeron los valores de este elemento nutrimental (Figura 22).

Cuadro 18. Análisis de varianza del potasio en el tejido vegetal de follaje de planta de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	286851385	23904282	5.5565	0.000**
Repeticiones	4	26043692	6510923	1.5135	0.213 ^{NS}
Error	48	206496308	4302006		

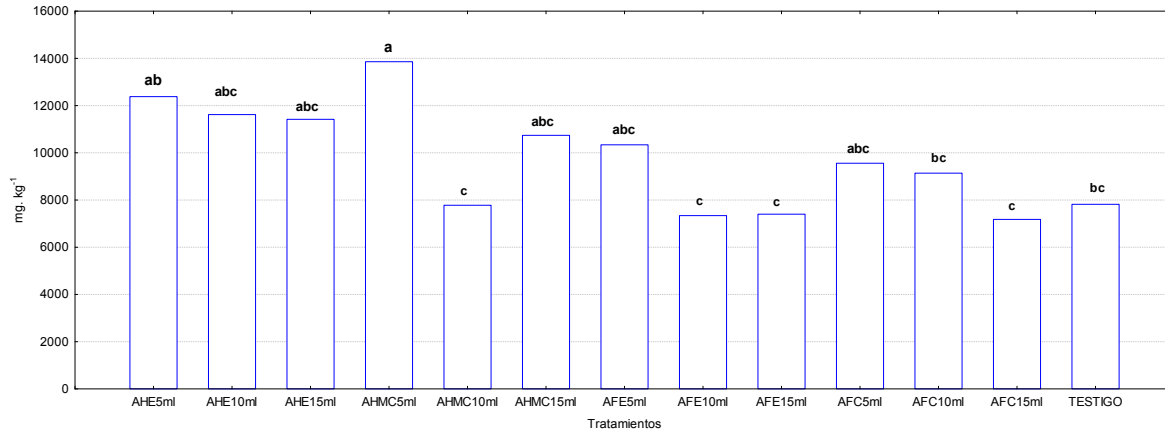


Figura 22. Contenido de potasio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Calcio (Ca)

El análisis de varianza (Cuadro 19), muestra que no hay efecto significativo de los tratamientos, ni de las dosis en este nutriente; es decir, numéricamente no hay efecto. Pero, gráficamente se observa que al adicionar la dosis más baja de los ácidos fúlvicos experimentales (AFE 5 ml), aumentó el valor de esta variable, lo que indica que al aplicar este tratamiento, se aventajó al testigo en 32.75 por ciento (Figura 23).

Cuadro 19. Análisis de varianza del calcio en el tejido vegetal de follaje de plata de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	45278423	3773202	0.6348	0.802 ^{NS}
Repeticiones	4	24081801	6020450	1.0129	0.410 ^{NS}
Error	48	285309982	5943958		

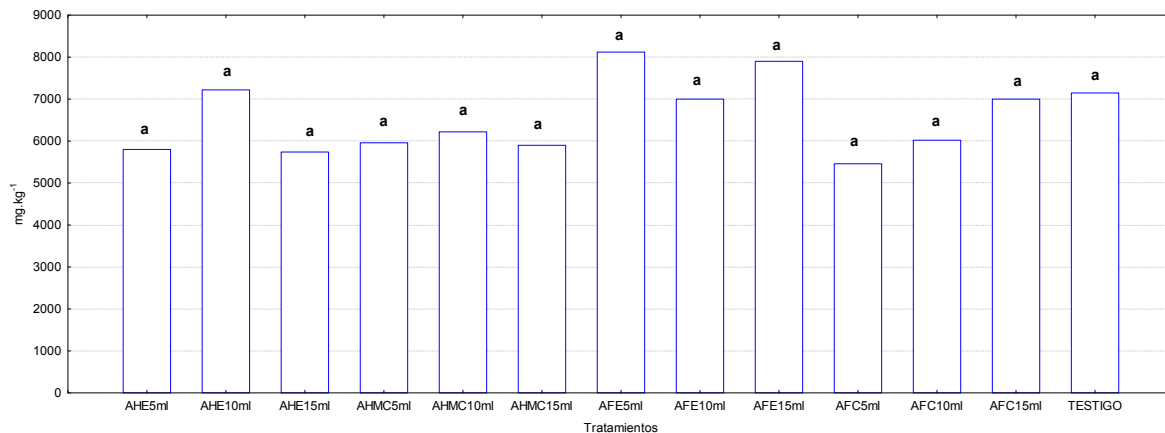


Figura 23. Contenido de calcio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Magnesio (Mg)

El análisis de varianza, muestra que no hay efecto significativo de los tratamientos; pero, por la dosis si se encontró efecto significativo (Cuadro 20). Gráficamente, se puede establecer que al adicionar 5 ml.L⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos experimentales (AFE 5ml), el testigo superó en 42.43 por ciento al testigo (Figura 24).

Cuadro 20. Análisis de varianza del contenido de magnesio, del tejido vegetal de follaje de plata de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	21308833	1775736	0.8938	0.559 ^{NS}
Repeticiones	4	22945735	5736434	2.8875	0.031*
Error	48	95360244	1986672		

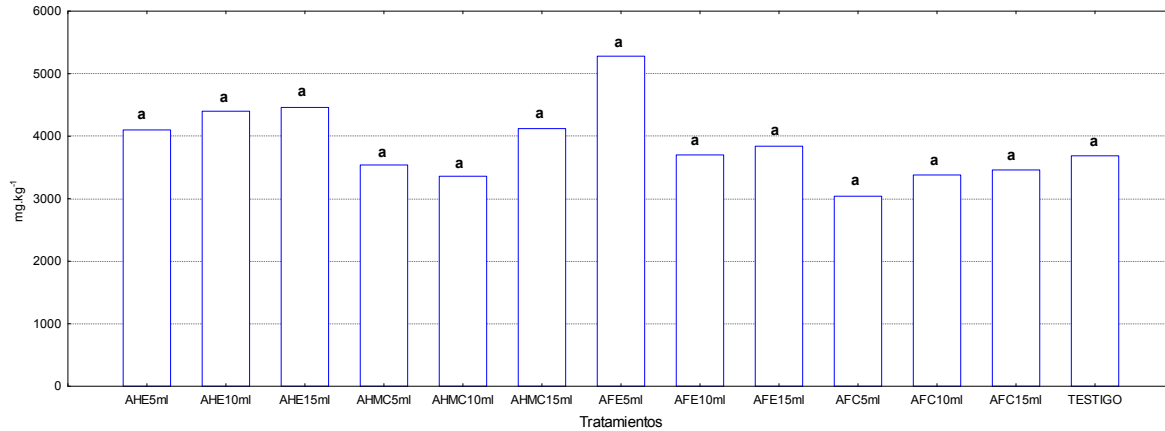


Figura 24. Contenido de magnesio, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Cobre (Cu) y Fierro (Fe)

En los análisis de varianza (Cuadros 21 y 22), se presenta que no hay efecto significativo de los tratamientos, ni de las dosis en estos dos elementos nutrimentales del tejido vegetal de follaje; además, en las Figuras 21 y 22 se puede notar que todos los valores de ambos elementos, con todos los tratamientos, son de 100 mg.kg⁻¹.

Cuadro 21. Análisis de varianza del contenido de cobre, del tejido vegetal de follaje de plata de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	8.913e-28	7.4272e-29	1	0.463 ^{NS}
Repeticiones	4	2.971e-28	7.4272e-29	1	0.416 ^{NS}
Error	48	3.565e-27	7.4272e-29		

Cuadro 22. Análisis de varianza del contenido de hierro, del tejido vegetal de follaje de plata de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	8.913e-28	7.4272e-29	1	0.4634 ^{NS}
Repeticiones	4	2.971e-28	7.4272e-29	1	0.4168 ^{NS}
Error	48	3.565e-27	7.4272e-29		

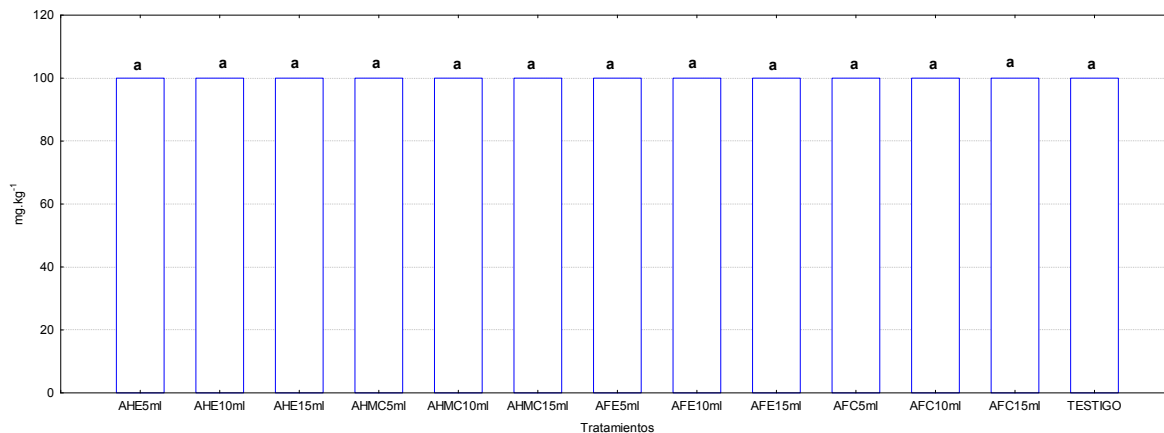


Figura 25. Contenido de cobre, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

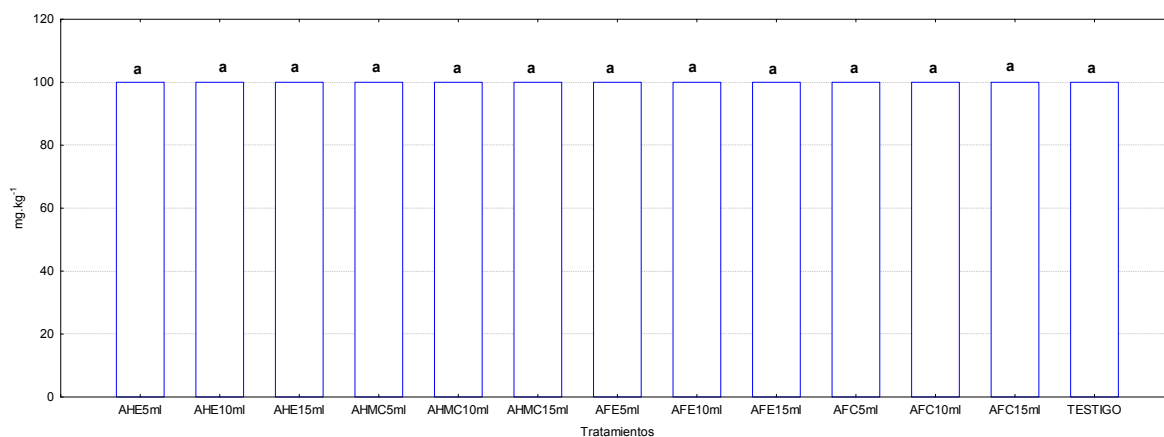


Figura 26. Contenido de hierro, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Zinc (Zn)

No hay efecto significativo de los tratamientos, ni de las dosis en el contenido de zinc del tejido vegetal de follaje de las plantas de aguacate (Cuadro 23); sin embargo, gráficamente se puede observar que donde solo se agregó agua y los fertilizantes químicos (testigo), el valor de este elemento nutrimental superó a todos los demás valores (Figura 27).

Cuadro 23. Análisis de varianza del contenido de zinc, del tejido vegetal de follaje de plata de aguacate injertada, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	12	466.61	38.884	1.8858	0.060 ^{NS}
Repeticiones	4	59.13	14.782	0.7169	0.584 ^{NS}
Error	48	989.71	20.619		

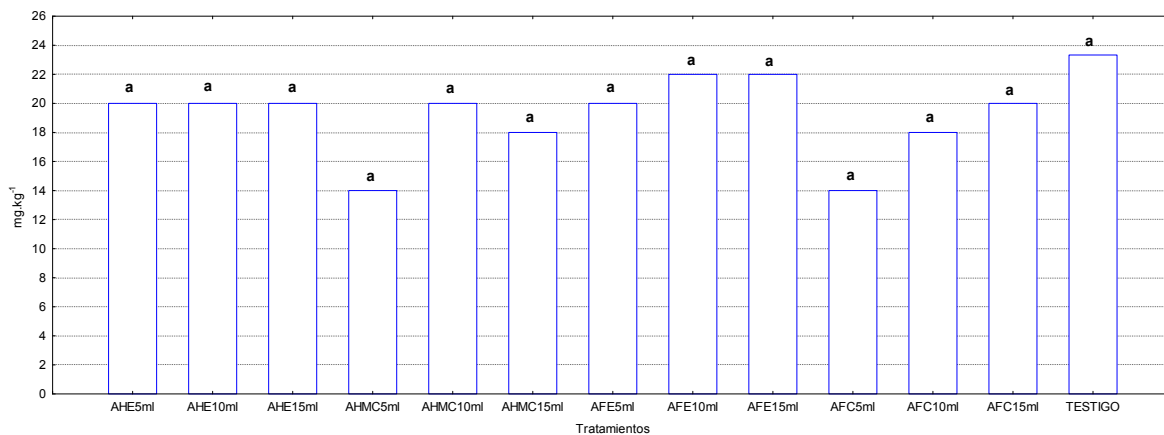


Figura 27. Contenido de zinc, en el tejido vegetal de follaje, de plantas de aguacate al adicionar sustancias húmicas de leonardita.

Análisis Nutricional con el Método de Desviación Óptima Porcentual (DOP)

Con la adición de todos los tratamientos, el zinc (Zn), fue el nutriente deficiente y todos los demás elementos medidos, se presentaron en exceso; lo anterior con base establecido por Montañés *et al.* (1990), donde establece los valores negativos de los indicadores DOP, existe carencia del elemento, si el valor es cero, la cantidad del elemento es óptima y si es positiva, quiere decir que el nutriente está en exceso.

Aquí, se puede establecer que el contenido de los nutrientes medidos al tejido vegetal del follaje es: para el potasio es adecuado, el calcio y magnesio, es excesivo. Para el cobre, se manifiesta en cantidad excesiva; para el hierro está a la mitad del rango y en el zinc, hay deficiencia.

Cuadro 24. Análisis nutrimental de acuerdo con el Método de Deviación Óptima Porcentual (DOP), de planta de aguacate, con la adición de sustancias húmicas de leonardita.

Tratamiento	Indicador DOP
AHE 5ml	Zn > Fe > Ca > Mg > K > Cu -33.33 >100 > 480 > 1540 > 1550.6 > 1900
AHE 10 ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -33.33 >100 > 622 > 1549.3 > 1660 > 1900
AHE 15 ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -33.33 >100 > 474 > 1422.6 > 1684 > 1900
AHMC 5ml	Zn > Fe > Ca > Mg > K > Cu -53.33 >100 > 496 > 1316 > 1748 > 1900
AHMC 10ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -33.33 >100 > 522 > 937.33 > 1244 > 1900
AHMC 15ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -40 >100 > 490 > 1332 > 1584 > 1900
AFE 5ml	Zn > Fe > Ca > K > Cu > Mg -33.33 >100 > 712 > 1278 > 1900 > 2012
AFE 10ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -26.66 >100 > 600 > 878.6 > 1380 > 1900
AFE 15ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -26.66 >100 > 690 > 886.6 > 1436 > 1900
AFC 5ml	Zn > Fe > Ca > Mg > K > Cu -53.33 >100 > 446 > 1116 > 1174 > 1900
AFC10ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -40 >100 > 502 > 1118.6 > 1252 > 1900
AFC15ml	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -33.33 >100 > 600 > 857 > 1284 > 1900
Testigo	Zn > Fe > Ca > K > Mg > Cu -22.22 >100 > 670.83 > 942.66 > 1374.66 > 1900

Área Radicular de la Planta de Aguacate Injertada

Numéricamente no hay efecto de tratamientos, en este órgano vegetal; sin embargo, al adicionar el ácido húmico comercial a la dosis de 15 mL.L^{-1} de agua, aumentó notablemente el valor de esta variable, lo cual indica que al aplicar este tratamiento, se obtuvo mayor ventaja sobre los demás tratamientos (Figura 28).

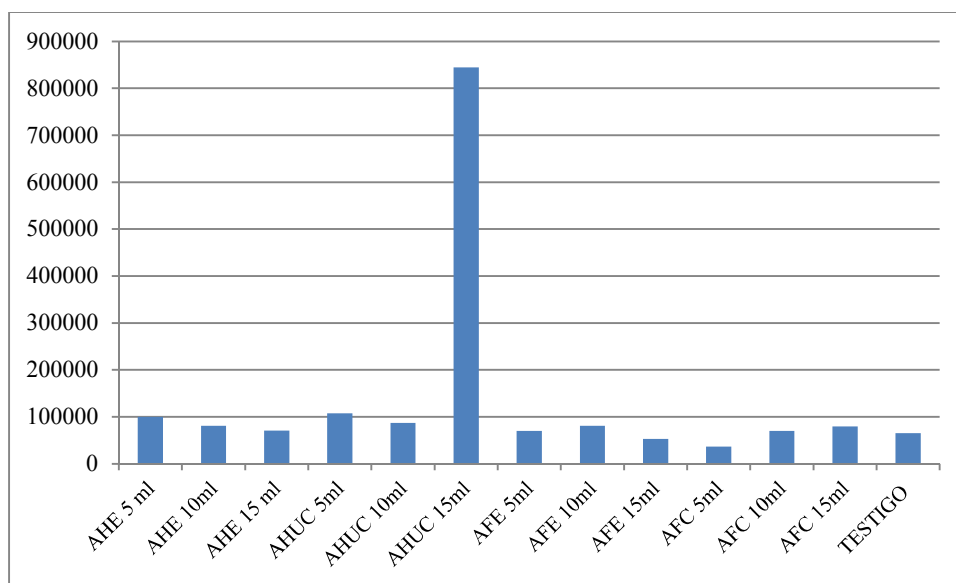


Figura 28. Área radicular de planta de aguacate injertada aplicando diversas sustancias húmicas.

DISCUSIÓN

Al adicionar los ácidos húmicos (AHMC) y fúlvicos (AFC) comerciales, se logró el superior número de brotes del injerto, lo que indica mayor “amarre” de éste. Aquí, la brotación inicio después de 14 días de efectuada esta práctica; esta situación sobrepasa a lo reportado por Alfonso (2008), ya que él establece que el “amarre” de los injertos tarda de 22 a 30 días. También, Rengrudkij y Partida (2003), encontraron que con la adición de la mezcla de ácidos húmicos más ácido fosfórico y el ácido húmico solo, el porcentaje de brotación fue de 21 por ciento superior a los arboles de aguacate control; mientras que, cuando adicionaron ácido fosfórico, solo sobrepasaron en 15 por ciento al control. Aquí, las sustancias húmicas minimizan el tiempo de “amarre” del injerto, puesto que disminuye el tiempo en ocho días.

Al adicionar los ácidos húmicos experimentales (AHE), se presentó el mayor número de yemas del patrón; lo anterior concuerda con los estudios realizados por Seguel (2012), donde establece que al aplicar ácidos húmicos, incrementa notablemente el desarrollo de las plantas, que cuando agregó ácido sulfúrico. Esto determina estar en armonía con el medio ambiente del suelo.

El diámetro del patrón de las plantas de aguacate, tratadas con AHMC y AHE, fueron las que presentaron superiores valores de esta variable. Esto concuerda con lo establecido por Rengrudkij y Partida (2003), donde mencionan que la aplicación de ácidos húmicos, incrementan el vigor general de la planta de aguacate.

El diámetro del injerto de las plantas tratadas con AFE, AHMC y AHE, presentaron el mayor grosor; así, López (2009), al realizar un estudio en plantas de naranjo, donde aplicó dos ácidos fúlvicos extraídos de diferentes leonarditas (mineral fósil del carbono), uno experimental y otro comercial, encontró que al aplicar el ácido fúlvico comercial, aumentó notablemente el diámetro del tallo.

Al adicionar los AFE, la altura inicial de la planta, la altura del injerto y la altura del patrón más el injerto, fueron las variables que presentaron resultados superiores. López (2009), al aplicar un ácido fúlvico comercial, denominado Kationic a la cantidad de 4ml.litro^{-1} de agua, a plantas de naranjo producidas en vivero, en el diámetro del tallo superó en 859 por ciento al testigo absoluto.

Al aplicar los ácidos húmicos comerciales (AHMC), se presentó la mayor absorción de potasio en planta de aguacate; mientras que, el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), fueron mayormente absorbidos, cuando se adicionaron los ácidos fúlvicos comerciales (AFC). El cobre (Cu) y el hierro (Fe), fueron igualmente absorbidos, al agregar todos los tratamientos. Esto concuerda con Guminski *et al.* (1983), estos investigadores encontraron que con la adición de 100 mg de sustancias húmicas, procedentes de un compost, aumentaron las concentraciones de fósforo (P) y potasio (K) en plantas de tomate. En la absorción de micronutrientes, David *et al.* (1994), observan incrementos en los niveles foliares de hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), en las plantas de tomate que crecen en disolución nutritiva por la adición de una concentración de 1280 mg l^{-1} de ácidos húmicos. Rauthan *et al.* (1981), mencionan que empleando complejos húmicos de Fe, Zn, Cu o Mn se incrementa considerablemente la absorción de

dichos elementos esenciales por los cultivos. Rauthan et al. (1981) explica que altas concentraciones de ácidos húmicos y/o fúlvicos son inhibitorias. La aplicación localizada de sustancias húmicas, que eran aplicadas en los cultivos de tomate, limón y uva. Reporta efectos positivos en la planta; mejoran en la nutrición de macronutrientes como potación, calcio, magnesio o fosforo, esenciales para el desarrollo vegetal de la planta (Sánchez 2002).

Con la adición de los ácidos húmicos comerciales (AHC), los valores del área radicular de la planta injertada de aguacate, realizaron un incremento positivo, ya que esto concuerda con los trabajos realizados por Sánchez- Andreu *et al.* (1994), donde mencionan que la aplicación de sustancias húmicas, sea al suelo y/o de forma foliar, aumentan el crecimiento y desarrollo de la raíz, en diferentes cultivos. Galston et al. (1990), Nardi et al. (1994), justifican que los ácidos húmicos pueden tener enlazadas a su estructura poliaminas (putrescina, espermidina, permidina), que se encuentran en las paredes celulares y tienen una función reguladora en las plantas.

CONCLUSIÓN

Los ácidos húmicos y fúlvicos comerciales a las dosis de 5 y 10 ml.litro⁻¹ de agua, realizaron efectos positivos en el número de brotes. Los ácidos fúlvicos experimentales a la cantidad de 5 ml.litro⁻¹, lo efectuaron en el número de yemas; mientras que, estos mismos compuestos, solo que a la dosis de 15 ml.litro⁻¹ lo realizaron en la altura inicial y del injerto. Los ácidos húmicos y fúlvicos, tanto comerciales como experimentales, realizaron efecto positivo en el diámetro y altura del patrón y del injerto; además, aumentaron las cantidades de los nutrimentos medidos, con excepción del zinc.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, M., FORNES, F., GARCIA, D., CEGARRA, J., ROIG, A. 1991. Effects of humic substances from different sources on growth and nutrient content of cucumber plants. Pp. 391-396. *In* humic substances in the aquatic and terrestrial environment. B. Allard, H. Borén, A. GRimvall (Eds.). springer-verlog, BErlin.
- ACOSTA D.C.M. 2005. El cultivo del aguacate en el estado de Morelos. Fundación produce Morelos. Pp 36.
- AIKEN. G. R., McKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., MacCARTHY, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. Pp. 1-9. *In* humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. G. R. Aiken et al. (ed.). Wiley-interscience, New York.
- AKINREMI, O., JANZEN, H. H., R. L., LARNEY, F. J. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. Can. J. Soil Sci. 80:437-443
- ALBUZIO, A., FERRERI, G., NARDI, S. 1986. Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barlet seedlings. Can. J. soil Science, 66:731-736.
- BENEDETTI, A., FIGLIOLIA, A., IZZA, C., INDIATI, R., CANALI, S. 1990. Nuove prospettive di concimazione minerale: interazione NPK acidi umici. VIII convegno SICA. Bari.
- BENZ, M., SCHINK, B., BRUNE, A. 1998. Humic acid reduction by *Propionibacterium freudenreichi* and other fermenting bacteria. Applied an environmental microbiology. 64(11): 4507-4512.
- BERNAL E. Jorge A; Díaz D. Cipriano, 2008 Tecnología Para el Cultivo del Aguacate. 1º edición; Produmedios; Colombia. PP. 50.
- CACCO, G., DELL'AGNOLA, G. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. Canadian J. of Soil Sci. 64:225-228.
- CALACE, N., FURLANI, G., PETRONIO, B. M., PIETROLETTI, M. 2000. Sedimentary humic and fulvic acids: Structure, molecular weight distribution and complexing capacity. Annali di Chimica, 90:25-34
- CGAD, COORDINACION GENERAL DE ABASTOS Y DISTRIBUCION DEL D.D.F. Servicio Nacional de información de mercados. Banco nacional de empeño

- comercio, sistema producto aguacate Hass para el Distrito Federal. México 1991.
- CHEN, Y., MAGEN, H., RIOV, J. 1994. Humic substances originating from rapidly decomposing organic matter: properties and effects on plant growth. Pp. 427-443. *In* humic substances in the global environment and applications on human health. Senesi, N., Miano, T. M. (Eds.) Elsevier, Amsterdam.
- De PAOLIS, F., KUKKONEN, J. 1997. Binding of pollutants to humic and fulvic acids: influence of pH and the structure of humic material. *Chemosphere*, Vol. 34, No. 8 pp. 1693-1704.
- De SAUSSURE, T. 1804. *Recherches Chimiques sur la végétation*. Paris.
- DROZD, J., WEBER. 1996. The role of humic substances in the ecosystem and in environmental protection. *Proc. 8th Meeting of the IHSS*. Wroclaw.
- EEE. 2004. Entidad Evaluadora Estatal. Informe de evaluación estatal subprograma de sanidad vegetal. SAGARPA- FAO PP.58
- FAGBENRO, J. A., AGBOOLA, A. 1993. Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *J. Plant Nutr.* 16:1465-1483.
- FERNÁNDEZ, V. H. 1968. The action of humic acids of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. *Pontificiae academiae Scientiarum Scripta Varia*. 32:805-850.
- FERRETI, M., GHISI, R., NARDI, S. PASSERA, C. 1991. Effect of humic substances on photosynthetic sulphate assimilation in maize seedlings. *Can. J. soil. Sci.* 71:239-242
- FINANCIERA RURAL, 2008. Monografía del aguacate. Dirección general de junta de planeación estratégica y Análisis sectorial.
- FORTÚN C. SALAS, M. L., ORTEGA, C. 1986b. respuesta de la planta de lechuga (*Lactuca sativa*) a diversos tratamientos de lignito. *Anales de edafología y agrobiología*. 45:1627-1634.
- FORTÚN, C., POLO, A., MOLINERO, A. 1986a. acción de los ácidos húmicos de turba compostadas sobre el crecimiento y contenido mineral de plantas de rye-grass. *Agrochimica*. 30:83-92.

- GALLEGOS Espinoza Rafael (1983); algunos aspectos del aguacate y su producción en Michoacán. Universidad autónoma Chapingo pp. 54.
- GALSTON, A. W., SAWHNEY, R. K. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant physiol.* 94.:406-410.
- GARCÍA, C. 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Murcia.
- GONZÁLEZ OBREGÓN LUIS 1976. Cultivo moderno y rentable del aguacate. México, D.F. p 85 – 109.
- GUMINSKI, S., SULEJ, J., GLABISZEWSKI, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. *Acta soc. Bot. pol.* 52:149-164.
- LEMUS S., G. R. Ferreyra E., P. Gil M., P. Maldonado B., C. Toledo G. y C. Barrera M. 2005. El cultivo del palto. Boletín 129. Instituto de Investigación Agropecuarias. Valparaíso, Chile.
- LINDSAY, W. L. 1991. *In: micronutrients in agriculture.* J. J. mortvedt (Ed.). Soil Society of America. Madison. PP. 89-92.
- LIZARAZO, L. M. 2001. Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos del suelo. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante.
- LOFFREDO, E., SENESI, N., D'ORAZIO, V. 1997. Effects of humic acids and herbicides, and their combination on the growth of tomato seedlings in hydroponics. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.*, 160: 455-461
- LÓPEZ SALAZAR RUBÉN. 2009. comportamiento de tres ácidos fúlvicos en la nutrición y distribución de raíz del chile piquín y naranjo. Tesis de maestría universidad autónoma de nuevo león, facultad de ciencias forestales.
- LOVELY, D.R., PHILIPS, E. J. P. 1986. Organic matter mineralization with reduction of ferric ion in anaerobic sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 51:683-680.
- LUBAL, P., SIROKY, D., FETSCH, D., HAVEL, J. 1998. The acido-basic and complexation properties of humic acids study of complexation of Czech humic acids with metal ions. *Talanta.* 47:401-412.

- MACCARTHY, P., CLAPP, C. E., MALCOLM, R. L., P.R. 1990 An introduction to soil humic substances. Pp 161- 186 *in* humic substances in soil and Crop Sciences: Selected readings. P. M;acCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm, P. r. Bloom (eds). Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985.
- MALCOLM, R.E., VAUGHAN, D. 1979. Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues. *Soil Biol. Biochem.* 11:65-72.
- MONTAÑÉS, L., Heras, L. Sanz, M. 1991. Desviación del óptimo porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. *An. Aula Dei* 20 (3-4). 93-107.
- NARDI, S., PANUCCIO, M.R., ABENAVOLI, M. R., MUSCOLO, A. 1994. Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *A. rosea*. *Soil Boil. Biochem.* 26:1341-1346.
- PICCOLO, A., CELENO, G., De SIMONE, C. 1992B. *SCI. Total Environ.* 117/118, 403.
- PLAN RECTOR DEL SISTEMA PRODUCTO AGUACATE 2005 pp.23
- PROGRAMA DE TRABAJOS 2005. Campañas fitosanitarias del estado de Morelos. SAGARPA. 2006. Sistema de información agrícola. Cierre definitivo de cosechas delegación Morelos.
- QUINTERO. SÁNCHEZ. RUBÉN.2002 Prof. Investigadores de la U.M.S.N.H. EL CULTIVO DEL AGUACATE ORGÁNICO EN MEXICO.
- RAMOS, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción estimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante.
- RAUTHAN, B. S., SCHINITZER, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the grown and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil.* 63:491-495.
- RAUTHAN, B. S., SCHNITZER, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the grown and nutrient of cucumber (*cucumis sativua*) plats. *Plant and soil.* 63:491-495.
- RENGRUDKIJ PHANUPHONG (1) Y DR. GREGORY J. PARTIDA (2). 2003. Efecto del ácido húmico y ácido fosfórico en el aguacate haas injertado en patrones francos mexicanos. V congreso mundial del aguacate. Granada – Málaga.

- RIVAS Torres Daniel. 2001. Injerto de árboles Chapingo.
- RODRÍGUEZ Suppo F. 1982. El aguacate 1º edición A.G.T; México. pp. 167
- SÁNCHEZ – ANDREU, J, J.; JUAREZ, M.; SANCHEZ, A. 2000. Incidencia de sustancias húmicas y aminoácidos en la calidad del fruto de limón cv fino. VIII simposium nacional, IV ibérico sobre nutrición mineral de las plantas.
- SANCHEZ – ANDREU, J., JORDA, J., JUAREZ, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility. *Act Horticulture*. 357:303-313.
- SÀNCHEZ-CONDE, M. P., ORTEGA, C. B., PÈREZ BRULL, M. L. 1972. Effect of humic acid in sugar beet in hydroponic culture. *Anales de edafología y agrobilogia*. 31:319-331.
- SCHNITZER, M. 1976. The chemistry of humic substances. Vol. I. pp. 89-107 *in* Environmental Biochemistry. J. O. Nriagu (Ed). Ann Arbor Science, Ann Arbor.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA, FEBRERO, 2012, DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIAS BÁSICAS. MONOGRAFÍA DEL SECTOR AGUACATE EN MÉXICO: SITUACIÓN ACTUAL Y OPORTUNIDADES DE MERCADO
- SEGUEL OSCAR. 2012. Efecto del uso de ácido sulfúrico y ácido húmico sobre las propiedades del suelo y crecimiento del palto. Red agrícola.
- SENESE, N., MIANO, T. M., PROVENZANO, M. R., BRUNETTI, G. 1989. Spectroscopic and compositional comparative characterization of I.H.S.S. reference and standard fulvic and humic acids of various origin. *Sci. Total Environ*. 81/82:143-156.
- SENESE, N., LOFFREDO, E. 1999. The Chemistry of soil organic matter. Pp. 239-370. *In Soil physical chemistry*. D. L. Sparks (ed). Newark, Delaware.
- SLADKY, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth to tomato plants. *Boil. Plant*. 1:199-204.
- STEVENSON, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- TAN, K. H., NOPAMORNBODI, V. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (Zee may I.). *plant and soil*. 51:283:287.

- THORN, K., FOLAN, D., MacCARTHY, P. 1989. Characterization of the IHSS standard and reference fulvic and humic acids by solution state carbon-13 and hydrogen-1 nuclear magnetic resonance spectrometry. Water Resources investigations Rep. 89-4196. US Geological Survey, Denver, Co.
- VISSER, S. A. 1985. Physiological action of humic substances on microbial cells. Soil Biol. Biochem. 17:457-462.
- VIVAS, M. J. 2001. Mejora del desarrollo y la producción vegetal por bioestimulantes. Sustancias húmicas comerciales y alcoholes. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante.
- YATES III, L. M., von WANDRUSZKA, R. 1999. Effects of pH and metals on the surface tension of aqueous humic materials. Soil Science of America Journal. Vol. 63, No. 6, 1999.
- YOUNG, C.C., CHEN, L. F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. Plant and Soil. 198:143-149.

Citas electrónicas

http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm (citado 13 de abril del 2013)

<http://articulos.infojardin.com/arboles/injertos-tipos-pua-2.htm> (citado 12 de abril del 2013)

(<http://morelostierragenerosa.jimdo.com/productos/frescos/aguacate/>) citado 8 de abril del 2013.

http://www.avocadosource.com/WAC5/Abstracts/WAC5_Abstract_p372_s.pdf (citado 9 de abril 2013)

<http://www.bonsaimenorca.com/articulos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/> (citado abril 2013)