

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO HORTICULTURA**



**Influencia de Fuentes de Potasio Aplicados al Suelo y Vía Foliar en la
Nutrición y Rendimiento del Aguacate (*Persea americana* Mill)
en Michoacán.**

Por:

MARIA CONSEPCIÓN OSEGUERA ÁLVAREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre del 2005.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Influencia de Fuentes de Potasio aplicados al Suelo y Vía Foliar en la Nutrición
y Rendimiento del Aguacate (*Persea americana* Mill)
en Michoacán.**

Por:

MARIA CONSEPCIÓN OSEGUERA ÁLVAREZ

TESIS

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador
Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:

Dr. Reynaldo Alonso Velasco.
Presidente del Jurado

Dr. Luis Mario Tapia Vargas.
Sinodal

Ing. Eliseo S. González Sandoval.
Sinodal

MC. Víctor M. Reyes Salas.

MC. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre del 2005.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme la vida y por darme todo lo que tengo.

A la Universidad Autonomía Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme como profesionista.

A todos mis maestros que a lo largo de mi vida me han dado lo mejor de ellos con sus enseñanzas, he tomado lo mejor de cada uno.

Al Doctor Reynaldo Alonso Velasco por su apoyo incondicional en mi estancia en la Universidad y por su asesoría en la realización y revisión de esta tesis.

Al Doctor Luis Mario Tapia Vargas INIFAP-Uruapan por la Codirección de esta tesis, por su ayuda incondicional para la realización y revisión de la misma y por haber dedicado parte de su tiempo en atender a mis dudas.

Al Ing. Eliseo Salvador Gonzáles Sandoval por la asesoría para la revisión de esta tesis y por su amistad que me ha brindado en mi estancia en la Universidad, gracias Ing. por su ayuda siempre le estaré agradecido, he aprendido muchas cosas de usted, entre ellas la más importante la rectitud y la amabilidad con que trata a las personas que conviven con usted.

Al M.C. Víctor Reyes Salas por su asesoría en la revisión de esta tesis y por su apoyo humanitario brindado en mi estancia en la Universidad.

Al Ing. José Anguiano Contreras por su ayuda brindado en mi estancia en el Inifap-Uruapan.

DEDICATORIA

A mi Padre Francisco Oseguera Molina por haber creído en mi, por darme la oportunidad de salir adelante aun en los momentos difíciles, por todos los sacrificios que has hecho por todos tus hijos, Papa eres un ejemplo a seguir gracias por tus consejos y por ser quien eres.

A mi Madre Maria Concepción Álvarez Escobedo gracias por haberme dado la vida por tu comprensión, tu sencillez y tu bondad, Mama gracias por consejos y tus cuidados, eres todo para mí.

A José Manuel Martínez por cruzarte en mi camino y formar parte de mi vida eres lo más hermoso que me pasado, gracias por tu confianza, comprensión, apoyo y sobre todo por tu amor que me has dado sin condiciones.

A mis hermanos: Lupita, Hilda, Silvia, Lucila, Silviano, Triny, Pancho, Esaul, Armando y Alma por haber crecido conmigo, por formar parte de mi vida y por su apoyo que siempre me han brindado, gracias por todo los momentos que hemos compartido juntos.

A mis abuelos: Silviano(+), Naborina(+), Alfonso (+) aunque ya no están conmigo yo los llevo en mi corazón y a mi abuelita Flora por tu fortaleza para seguir adelante.

A mis tíos: Silviano, Juana y Ernestina(+) por sus consejos y todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida.

A mis sobrinos: Cornelio, Dennis, Mario, Elizabeth, Silvia, Lupita, Sofía, Esmeralda, Juanito, Conchita, Perla, Any Citlali y Gabino, gracias a todos por alegrar la vida de mis hermanos y la mía.

A mis amigos: Celia, Ángeles, Víctor, Cecilia, Flor, Naborina, Nancy, Aurora, Rosa Maria, Araceli, Mercedes, Clara, Fabiola Zamora, Marlen, Luz Adriana, Fabiola Tejeda, Teresa, Lucy, Gisell, Deisy, Rebeca, Rene Rocha, Andrés, Baxcajay, José Juan, José Manuel . Gracias por todos los momentos que hemos compartido siempre en mi tendrán en mi una amiga en quien confiar.

Y muy especialmente quiero agradecer y mostrar mi aprecio a mis amigos quien durante cuatro años han sido mi familia, por brindarme su amistad en mi corazón cada uno de los momentos que hemos pasado juntos a ti Yaris por tu nobleza, sigue siendo como eres y gracias porque en ti siempre tuve a una amiga incondicional, a ti José por tu alegría de ver la vida, siempre tuve en ti un amigo en quien confiar. A ti Lolita por tu esfuerzo para salir siempre adelante, en ti siempre tuve una amiga que enseñaba como vencer los obstáculos de la vida, a ti Male por tu Franqueza que siempre te ha caracterizado, en ti siempre tuve una amiga a en quien pedir un consejo. Gracias a mis cuatro grandes amigos y aunque quizás nunca los vuelva a ver siempre los llevare en mi corazón.

INDICE DE CONTENIDO

Página

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE DE CONTENIDO	iii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
HIPÓTESIS	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
Origen del Aguacate.....	5
Dispersión del Aguacate.....	5
Clasificación Taxonómica.....	5
El Aguacate en México.....	7
El Aguacate en Michoacán.....	7
Descripción Botánica.....	8
Árbol.....	8

Raíz.....	8
Hojas.....	9
Flor.....	9
Flores de Tipo A.....	10
Flores de Tipo B.....	10
Fruto.....	11
Razas de Aguacate.....	11
Raza Mexicana.....	12
Raza Guatemalteca.....	12
Raza Antillana.....	13
Variedades.....	14
Polinización.....	16
Requerimientos Edafológicos y Climáticos.....	18
Altitud.....	18
Temperatura.....	18
Precipitación.....	19
Suelo.....	20
Propagación.....	21
Establecimiento de la Plantación.....	22

Preparación del Terreno.....	22
Trazo de la plantación y la Densidad de Plantas.....	23
Riego.....	23
Nutrición.....	24
Clasificación de los Nutrimentos.....	24
Los Micronutrientes en el Aguacate.....	24
Función de los Nutrimentos.....	25
El potasio.....	25
Función del Potasio.....	25
Síntomas de Deficiencia.....	27
Formas de Potasio en el Suelo.....	27
Potasio no Disponible.....	27
Potasio Lentamente disponible.....	28
Potasio Disponible.....	28
Requerimientos Nutrimientales del Aguacatero.....	29
Remoción de Nutrimentos por Fruto y Árbol.....	29
Movilidad y Removilización de Nutrimentos dentro de la Planta.....	31
Movimiento del Potasio en el Suelo.....	32
Análisis Foliar y Nutrición del Aguacate.....	32

Fertilización del Aguacatero.....	33
Fenología y Requerimientos.....	34
Época y Métodos de Aplicación.....	36
La Fertilización con Potasio.....	36
El Fertilizante Potásico en el Suelo.....	37
Épocas de Aplicación.....	37
Formas de Aplicación.....	38
El Fertirriego.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
Ubicación del Área Experimental.....	40
Características del Sitio Experimental.....	40
Material Empleado.....	41
Material Vegetativo.....	41
Solupotasse.....	41
Granupotasse.....	41
Nitrato de Potasio.....	42
Diseño Experimental.....	43
Tratamientos.....	43

Aplicación de Tratamientos.....	43
Variables a Evaluar	44
Análisis de Datos.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA	60
APÉNDICE.....	63

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Extracción Nutricional (Kg) por 10 ton de Aguacate. Fuente: Sánchez y Ramírez, 2000.....	30
Cuadro 2. Contenido de Nutrientes en la Hoja del Aguacate. Fuente: Universidad de California.....	33
Cuadro 3. Características Físico Químicas del Solupotasse. Fuente: Tessengerlo Group.....	41
Cuadro 4. Características Físico Químicas del Granupotasse. Fuente: Tessengerlo Group.....	41
Cuadro 5. Características Físico Químicas del KNO ₃ . Fuente: Agrefert.....	42
Cuadro 6. Programa Nutricional N, P ₂ O ₅ y K ₂ O (Kg/ha), Aplicado en Fertiriego en el Experimento de Aguacate de Michoacán.....	44
Cuadro 7. Valor Estándar y Coeficiente de Variación para Análisis Nutricional de K en Aguacate.....	47
Cuadro 8. Análisis Foliar del Aguacate en 5 Tratamientos . Enero 2004- Febrero 2005.....	48
Cuadro 9. Valores Medios de pH y CE Encontrados en la Solución del Suelo en Aguacate con Diferentes Fuentes de Potasio al suelo.....	57

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Balance Anual de K en las Hojas de Aguacate. Enero 2004-Febrero 2005.....	49
Figura 2. Promedio Anual de K Potasio Contenido en la Savia en Cinco Tratamientos en Aguacate. Enero -Diciembre del 2004.....	50
Figura 3. Promedio Anual de K Disponible en la Zona de las Raíces en Aguacate. Enero –Diciembre 2004.....	51
Figura 4. Producción de Fruta (>180gr) (Kg/árbol), en dos Cosechas, con Fertilización con Cinco Fuentes de K.....	52
Figura 5. % de Materia Seca Contenida en el Fruto en la Fertilización con 5 Fuentes de Potasio en Aguacate.....	53
Figura 6 . Disponibilidad de K (ppm) en el Suelo y en la Savia en el 2004. Para los tratamientos Solupotasse (1), Solupotasse más el Solupotasse Foliar (2), Granupotasse (3), Granupotasse + Solupotasse Foliar y el Nitrato del potasio.....	54
Figura 7. Correlación entre la Fruta Cosechada en el Año y el Contenido de K en la Savia en Junio del 2004.....	55

RESUMEN

México es el principal productor mundial de aguacate con el 37% de la producción total y es también el más importante exportador con el 25.2% del total comercializado internacionalmente, siendo Michoacán el principal productor y exportador de Aguacate en el país. La condición nutrimental, es un aspecto clave para que la fruta sea de máxima calidad comercial, por ello es de suma importancia la nutrición en el aguacate. Las necesidades nutrimentales de K en el aguacate son mas altas que inclusive el N, considerándose para Michoacán una producción de 20 ton de aguacate Hass el cual remueve 70, 10 y 90 Kg de N, P y K respectivamente en floración loca o adelantada, mientras que en floración normal la extracción es de 50, 6 y 80 Kg, en la misma secuencia. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes fuentes de potasio aplicadas al suelo y foliar en la nutrición y la calidad de fruto de aguacate en Michoacán. El Experimento se estableció en Choritiro, Mpio. de Tancítaro, Mich. Y comenzó en octubre del 2003. Los tratamientos evaluados fueron: (1) aplicación de Solupotasse (S) al suelo en fertirriego, (2) Solupotasse al suelo, más aplicación foliar de Solupotase (S + F) al 3% vía foliar, (3) aplicación al suelo de Granupotasse (G), (4) Granupotasse al suelo, más aplicación foliar de Solupotase (G + F) al 3% vía foliar y (5) testigo, aplicación al suelo de nitrato de potasio (KNO_3). El diseño de tratamientos fue bloques al azar con 4 repeticiones, en donde cada parcela experimental constó de 12 árboles en donde se tomaron 2 árboles centrales como parcela útil, siendo cada uno de estos una repetición más para finalizar con 8 repeticiones, se dejo una barrera entre cada tratamiento. Las variables a evaluar fueron, disponibilidad de K en suelo, concentración nutrimental de K en extracto de savia (ppm) y total (%) en hoja, rendimiento de fruto superior a 180 gr, % materia seca, pH y CE en la solución del suelo. Los resultados muestran que en el contenido de K (%), no hubo diferencia significativa entre los tratamientos pero los tratamientos 2,3 y 4 mostraron los niveles mas altos inclusive en las épocas de mayor demanda, mientras que en el extracto de savia el tratamiento 2 (S + F), muestra mayor contenido de K en la savia con 2241 ppm.

En la disponibilidad de K en la solución del suelo, el tratamiento 5 produjo mayor disponibilidad anual de K con 47 ppm. El rendimiento de fruto fue mayor en los tratamientos S+F, G+ F y KNO_3 con valores de 160, 178 y 188 Kg de fruta por árbol respectivamente, superior al tratamiento S con solo 78 Kg/árbol. En lo que respecta al % materia seca que el tratamiento Solupotasse mostró los más altos niveles de materia seca 29%, sin embargo todos los tratamientos presentan un buen contenido de materia seca. En cuanto al pH y la CE, los tratamientos 1, 2, 3 y 4 muestran valores de pH en un rango de 6.8-7.1, mientras que el tratamiento 5 muestra un pH de 6.7, a pesar de esta situación el tratamiento 5 (KNO_3) fue el tratamiento con el que se encuentran los valores más altos de CE, por lo que estos resultados nos arrojan que el Solupotasse y el Granupotasse son fertilizantes de baja salinidad, mientras que el KNO_3 , tiende a salinizar el suelo, estos resultados nos revelan la aplicación de Solupotasse y granupotasse al suelo y foliar (S+F y G+F) y el KNO_3 proveen las mejores condiciones de nutrición potásica en suelo y foliar y el mayor rendimiento de fruto de buen tamaño.

I. INTRODUCCIÓN

México es el principal productor mundial de aguacate con el 37% de la producción total y es también el más importante exportador con el 25.2% del total comercializado internacionalmente. La producción nacional en el 2004 de esta fruta fue de 934,282 Toneladas, una superficie sembrada de 98, 330 ha y un rendimiento promedio de 9.5 Ton/ha (SIAP 2005).

Michoacán es el gran productor nacional y exportador de aguacate en el 2004 obtuvo una producción de 830,523 Ton en una superficie de 87,359 Ha con una superficie cosechada de 84,262 Ha y con un rendimiento medio de 9.8 Ton/ha (SIAP y SAGARPA 2004).

En lo que a empleos se refiere, se estima que la cadena agroalimentaria del aguacate genera 47 mil empleos directos, 70 mil empleos estacionales, equivalentes a un total de 10.5 millones de jornales anuales, así como 187 mil empleos indirectos permanentes (Claridades, 2002).

Dentro de los principales municipios productores de aguacate en Michoacán, está el municipio de Tancítaro el cual contribuyó en la temporada 2003-2004 con el 39.3 % de las ventas mexicanas de aguacate al mercado norteamericano, las cuales fueron de más de 42 mil 600 Toneladas (SAGARPA, 2005).

La condición nutrimental, es un aspecto clave para que la fruta sea de máxima calidad comercial, por ello es de suma importancia la nutrición en el aguacate. El uso de fertilizante de mayor calidad y dosificaciones adecuadas en el suelo y vía foliar, pueden proveer al productor de una herramienta para lograr adecuado balance en la planta, alta productividad y calidad en la fruta.

El Potasio (K) y el Nitrógeno (N) constituyen los elementos extraídos en una mayor proporción a través de una cosecha, mientras que el Fósforo (P), es extraído en dosis más bajas. Para Michoacán se considera que para una producción de 20 ton de aguacate Hass remueve 70, 10 y 90 Kg de N, P y K respectivamente en floración loca o adelantada, mientras que en floración normal la extracción es de 50, 6 y 80 Kg, en la misma secuencia (Tapia *et al*, 2005).

Las aplicaciones de K en ocasiones tardan más de tres años en mostrar los primeros resultados, aunque la absorción y transporte a las hojas dura no más de treinta días. En Michoacán en un Huerto Experimental de Aguacate "Hass" el rendimiento promedio de nueve años fue de 14 Ton/ha para árboles fertilizados solamente con nitrógeno y fósforo, pero los que además de N y P recibieron K el rendimiento fue 17% superior (16.8 Ton/ha) (Salazar, 2002).

Se puede observar una tendencia a elevar los contenidos foliares y rendimientos en función a los incrementos de los niveles de la aplicación del potasio. Los niveles foliares en porcentaje de materia seca, se consideran deficientes los inferiores a 0.35% y un adecuado entre 0.75% y 2.0% (Avilán y Figueroa, 2005).

Estudios realizados en el contenido de nutrientes en las hojas del aguacatero, se encontró que en el caso de K, los porcentajes de este elemento menores a 0.4 afectan el crecimiento vegetativo y la producción (Jaime *et al.*, 1985). Para el caso de Coatepec Harinas, México este porcentaje fue superado y se obtuvo un contenido de 2.10% N, 0.14% P y 1.12% K. (Figueroa *et al.*, 2001). Para el caso de Michoacán trabajos realizados en el 2002 en la región de Uruapan encontraron, un contenido foliar de 2.11% N, 0.31% P y 0.80% K; presentándose los niveles más bajos de este durante los meses de julio a septiembre (Barcenás *et al.*, 2003).

Uno de los parámetros más importantes en la evaluación de la madurez, del fruto del aguacate es el contenido de la materia seca, la cual esta compuesta de carbono (C) y otros nutrientes acumulados durante el crecimiento y desarrollo de la fruta. Se usan también nutrientes en la síntesis de proteínas y aceite, ambos en altas cantidades en la fruta del cultivar Hass. Por esta razón, la fruta del aguacate “Hass” tiene un alto contenido de materia seca (23.2%) comparado con otros cultivares.(Salazar, Lazcano, 2001).

Otros estudios realizados en diversas partes del mundo, específicamente en España, han demostrado que el cultivar “Hass” es el de mayor contenido de materia seca, hasta en un 32.8% (Hermoso *et al.*, 2003).

El manejo nutrimental del aguacate en Michoacán representa la aplicación anual de macronutrientes Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio (N, P, K y Ca) en dosis de 250-200-200-70 Kg/ha o más. Este manejo nutrimental, junto con la aplicación bianual de materia orgánica, el productor lo efectúa para mantener adecuados índices nutrimentales en la hoja y fruto para óptima producción y calidad.

Existe una creencia generalizada de que los suelos aguacateros de México son ricos en potasio y que no es necesario la fertilización con este nutrimento, esto es erróneo para la mayoría de los suelos donde el aguacate es cultivado, es común que en análisis foliar y de suelo el nivel de potasio se encuentre fuera de lo normal y deficiencias típicas en hojas y frutos (Salazar García y Lazcano-Ferrat, 199), por lo que es necesario realizar investigaciones para buscar las mejores relaciones entre la disponibilidad de K en el suelo, el contenido de K en los tejidos, el rendimiento, tamaño y calidad del fruto.

OBJETIVOS

- Evaluar las fuentes de fertilizantes a base de potasio, bajo un esquema nutricional programado y secuenciado y su efecto en el rendimiento de fruto de calidad.
- Proveer a la planta de una fuente de potasio que genere adecuada disponibilidad de K en el suelo, hoja y por ende una mejor calidad del fruto y mayor contenido de materia seca.

HIPÓTESIS

Diferentes fuentes de K pueden proporcionar diferentes respuestas en la disposición óptima de nutrimentos en el suelo, índices nutrimentales en hoja y un mayor rendimiento e impacto en la calidad del fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Aguacate

Casi todos los miembros reconocidos del Subgénero *Persea* se localizan en la misma región, desde la parte central de México a través de Guatemala hasta gran parte de Centroamérica. Como evidencia de lo anterior están los hallazgos de aguacates primitivos en esta área general desde la Sierra Madre Oriental en el Estado de Nuevo León, México, hasta Costa Rica en Centroamérica, apoyando la suposición de que se trata de un Centro de origen del aguacate y probablemente de todo el subgénero *Persea*. Esta área general coincide en gran parte con el denominado centro principal de origen VII, que incluye a México, Centroamérica y el Caribe (Sánchez *et al.*, 2000).

Dispersión del Aguacate

Desde ese Centro de Origen, el aguacate se dispersó hacia Norteamérica por México hasta el Sudeste de los EEUU; hacia Las Antillas, todo Centroamérica y gran parte de Sudamérica: Colombia, Venezuela, Las Guyanas, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Esa dispersión tan amplia a través de las áreas de desarrollo de civilizaciones antiguas, se explica por la alta estima que los indígenas tenían por ese fruto carnoso, tan nutritivo y de sabor único (Sánchez *et al.*, 2000).

Clasificación Taxonómica

El aguacate pertenece al género *Persea* de la familia Lauraceae, en la actualidad este género contiene alrededor de 85 especies; la mayoría se encuentran desde el sur de los Estados Unidos (*Persea barbonia*) hasta Chile (*Persea lingue*). Son excepciones *Persea indica*, que se encuentran en las Islas Canarias (España) y otras del sur de Asia cuya inclusión en el género *Persea* no está definida (Téliz, 2002).

El género *Persea*, se divide en dos subgéneros; *Persea* y *Eriodhappe*, diferenciándolas por la pubescencia de la cara inferior de los sépalos; *Persea* tiene ambas caras pubescentes y en *Eriodhappe* la cara interna es sin pubescencia. El aguacate *Persea americana* Mill, pertenece al subgénero *Persea*, que se conoce como el de los verdaderos aguacates y que son de un tamaño mayor que los del otro subgénero (Téliz, 2000).

Clasificación botánica del aguacate. INIFAP

Familia: Lauraceae

Subfamilia: Lauroideae

Tribu: Perseae

Subtribu: Perseineae

Género: *Persea*

Subgénero: *Persea*

Especie: *Americana*

Subespecies: *Drymifolia*, *Guatemalensis*, *Americana*.

En el proceso de domesticación se dieron tipos divergentes que se desarrollaron en aislamiento geográfico y finalmente dieron lugar a tipos botánicos distintos, con diferencias además en adaptación climática. Tres de estos tipos diferentes son en la actualidad ampliamente conocidos a nivel mundial como subespecies o variedades botánicas de *P. americana*, *P. americana* spp. *drymifolia*, *P. americana* spp. *guatemalensis* y *P. americana* spp. *americana*. Desde varios años esos tres tipos se han conocido en los círculos hortícolas como razas ecológicas o razas hortícolas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana (Sánchez et al., 2000).

El Aguacate en México

México ocupa el primer lugar mundial en cuanto a producción y calidad del aguacate, por arriba de otros países que producen esa fruta como Estados Unidos (160 mil toneladas), Chile (120 mil toneladas), Israel (50 mil toneladas), Sudáfrica (20 mil toneladas), Kenya (15 mil), Perú (10 mil), España (30 mil toneladas) y otros como República Dominicana, Australia y Nueva Zelanda.

En México, el consumo per cápita es de 10Kg de aguacate de la variedad Hass, principalmente, Además de que se trabaja en campañas de promoción para aumentar este consumo. De la producción obtenida durante el presente año el 85 por ciento se destinó al mercado nacional (Cobos, 2005).

El Aguacate en Michoacán

El estado de Michoacán alcanza para el 2004 una superficie de 87, 359 ha de aguacate, con una producción de 830,523 ton (96% de la producción nacional), con un rendimiento promedio de 9.8 ton/ha, con precio medio rural de 6,083.54 pesos/ton. El principal municipio productor de aguacate, es Uruapan (16,499 has cosechadas), seguido por Tancítaro, Periban y Tacámbaro.

La producción de aguacate en nuestro país ha tenido altas y bajas a lo que se refiere a rentabilidad, debido principalmente a fuertes fluctuaciones en los precios de venta y volúmenes exportados. Los principales mercados para los aguacates mexicanos son Estados Unidos y Japón, donde cada vez son más rigurosas las medidas no arancelarias que restringen su entrada. Entre estas medidas restrictivas destacan las relativas a los límites de residuos tóxicos y la absoluta ausencia de plagas y enfermedades sobre la fruta exportada (Lamas, Neri, 2003).

Los productores de aguacate de la entidad, principal exportadora en el mundo, tuvieron un excelente 2004: exportaron a Estados Unidos 120 mil toneladas de las 900 mil producidas de esta fruta, conocida como “oro verde”, pues en esta entidad ha enriquecido a muchos

De acuerdo con informes de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), la producción representó un 10 por ciento de incremento con respecto al año anterior. En la entidad se exportaron 120 mil toneladas a Estados Unidos, con una captación de divisas por 180 millones de dólares, siendo la exportación de aguacate la segunda fuente generadora de divisas después de la remesa de los migrantes Michoacanos en USA (Cobos, 2005).

Descripción Botánica

Árbol

Es una especie perenne de tallo aéreo con características leñosas y follaje siempre verde, y con una raíz superficial. El aguacate es un árbol, cuyo crecimiento y desarrollo es variable, llegando en su hábitat natural a una altura de 10 a 12 metros. El hábitat corresponde a las características ecológicas de las especies tropicales y subtropicales tallo leñoso posee un crecimiento vegetativo en árboles de 25 a 30 años un diámetro de 80cm a 1m (Rodríguez, 1982).

Raíz

Las raíces son superficiales dependiendo de la variedad, suelo y otras condiciones de producción. La profundidad alcanzada puede ser de 1 a 1.5m, siendo mayor en suelos sueltos. La raíz del aguacate se caracteriza por tener pocos pelos radicales, y la absorción de nutrientes se realiza en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios; esto determina la susceptibilidad del árbol a excesos de humedad (Rodríguez, 1982).

Hojas

Las hojas, de pecíolo corto, de forma ovalada, lanceoladas, elípticas, son peninervias, de dimensiones variantes entre 5 a 30cm de largo y 4 a 10cm de ancho, dispuestas en posición alterna y resultan lisas y de consistencia coriácea y cerosa, punteadas y desprovistas de estipulas, coloreadas intensamente en verde brillante lúcido. Las variedades Mexicanas son aromáticas, cuando estas se frotran en las manos, desprenden un olor muy característico a anís, con motivo de los aceites esenciales guardados en las glándulas lisígenas.

Son hojas de carácter persistente, aunque en condiciones climáticas particulares, con invierno frío, al momento de renovarse manifiestan amarillamiento difundido en las láminas y presentan un alón parduzco a lo largo del margen, cuyo acto seguido es la desecación de toda la lamina foliar que todavía permanece pegada al pecíolo por algunos días antes de desprenderse (Fersini, 1982).

Flor

Las flores son hermafroditas, actinomorfas (simétricas), de color verde amarillento y con un diámetro aproximado de un 1cm, la inflorescencia es una panícula que puede ser axilar o terminal. Se estiman 200 flores o más por panícula. El androceo esta compuesto por 12 estambres insertos por debajo del ovario o alrededor del mismo. De los estambres 9 son funcionales. El gineceo posee un solo pistilo, un ovario súpero, unilocular y posee un solo óvulo (Rodríguez 1982).

Las flores están reunidas en racimos axiliares y en grandes cantidades, pero solo pequeña parte de ellas llegan a dar frutos. Las flores son hermafroditas, regulares, homoclámidas con perigonio acreciente con el fruto, con 6 divisiones dispuestas en 3 series, con disco carnoso soldado con el hondo del perigonio, de color blanquecino o verde amarillento (Fersini, 1982).

Son pequeñas (1.5 cm x 1 cm) y presentan una corola algodonosa, con hilamentos libres y velludos, con 12 estambres perigóneos, de los cuales 9 funcionales, insertados sobre el margen del disco y a los que corresponden 36 anteras, 4 por cada estambre, pegadas a los hilamentos de dehiscencia longitudinal, y un solo ovario libre, unilocular y unilovulado, que no se adhiere lateralmente al tálamo.

Estas flores organográficamente hermafroditas, son dicógamas y, por lo tanto, la autofecundación resulta obstaculizada en cuanto los relativos órganos reproductores, masculinos y femeninos, no llegan madurar al mismo tiempo; por esto la planta se conduce como si fuera dioica y, normalmente la reproducción esta asegurada por fecundación cruzada. Es decir, que el órgano femenino (Pistilo) por lo normal recibe el polen procedente de la flor de otra planta. De cualquier modo, considerando que distintas influencias, sobre todo los de origen climáticos, pueden modificar el mecanismo y los tiempos de maduración de los órganos reproductores de las flores, a sí pueden modificar las formas y posiciones de dichos órganos, esta dicogamia se puede entender en sentido absoluto, pudiéndose encontrar algunas variedades autofértiles (Fersini, 1982).

Flores de Tipo "A"

Un grupo funciona como órgano femenino en la mañana (primera apertura), pero sin emisión de polen; mientras que otro grupo actúa como órgano masculino en la tarde del día siguiente (Segunda apertura) (Fersini, 1982).

Flores de Tipo "B"

Un lote funciona como órgano femenino en la tarde (Primera apertura); mientras que otro lote se encuentra funcionando como órgano masculino a la mañana del día siguiente (Segunda apertura) (Fersini, 1982).

Fruto

La fruta es una baya, consistiendo en una sola semilla grande, rodeada por una pulpa mantecosa. La fruta contiene de 3 al 30% de aceite. La piel es variable en grosor y textura. El color de la fruta en la madurez es verde, negro, púrpura o rojizo, dependiendo de la variedad (Crane, Balerdi, 2001).

Su forma es variada, pudiendo ser periforme, esférica u ovalada. El color también varía: verde, violáceo o rojizo. El peso del fruto es diferente según el tipo ecológico, oscilando de 50 gr a 2.5 Kg (Rodríguez, 1982).

Razas de Aguacate

Según un determinado criterio sistemático, las tres razas de aguacate, mexicana, guatemalteca y antillana corresponden a una misma especie, la *Pesea americana* (Mill) o *Persea gratísima* (Gaerth), de la que se podría destacar una subvariedad la *Pesea drimifolia*, correspondiente a la raza mexicana.

Siguiendo otro criterio sistemático, cada raza pertenece a una especie diferente; la raza mexicana a la *Persea drimifolia*, la raza antillana a la *Pesea americana* y la Guatemalteca a la *Pesea schiedeana* (Nies). Además existe el grupo de los híbridos formados por variedades obtenidas por cruce de dos variedades de grupo distinto (Ibar, 1986).

Raza Mexicana

Sus hojas son más pequeñas que las de las otras razas, las cuales junto con los tallos tiernos, tienen glándulas esenciales, cuyo contenido es una esencia de olor parecido al anís. Flores pubescentes, los frutos son pequeños de 30 a 80mm de longitud y un peso comprendido entre 90 y 180 gr (Ibar, 1986).

El pedúnculo es delgado y cilíndrico, de diámetro uniforme en toda su longitud. La cáscara es delgada de 0.8 a 1.6mm de espesor y superficie lisa. Es de color verde claro, pero puede tener tonalidades más oscuras que el verde o, según las variedades, coloraciones rojas, moradas o casi negras. El mesocarpio está formada por una pulpa no fibrosa con un contenido de grasa de 20 a 25%. La forma de la fruta es periforme, y el hueso es pequeño.

La floración tiene lugar de diciembre a abril, tardando los frutos en madurar de cinco a siete meses, la recolección se realiza a finales de verano, esta raza procede de los alrededores de Atlixco Puebla, es decir de la zona central de México y a una latitud que oscila entre 1000 y 1900msnm y a 19° de latitud norte y esta raza es la más resistente al frío (Ibar, 1986).

Raza Guatemalteca

Las hojas, sin olor a anís y de mayor tamaño que las de la raza mexicana, son de color verde oscuro. Flores poco pubescentes. El tamaño de los frutos puede ser: mediano (7 cm de longitud y 120 gr de peso) y grande (25 cm y 1500 gr). Los largos pedúnculos tienen forma tronco cónica, aumentando su tamaño desde su inserción a la rama hasta su unión al fruto.

Los frutos tienen forma esférica, ovalada o piriforme. el grosor del Epicarpio oscila entre 2 y 12 mm, y es de consistencia correosa, dura y hasta leñosa; su superficie es quebradiza y a veces granulada, y de color verde opaco, incluso morado, más o menos oscuro, en la madurez.

La pulpa es algo fibrosa, de 18 a 20% en contenido de grasa. La semilla o hueso es de gran tamaño y suele llenar toda la cantidad que la contiene. Florece entre enero y mayo, y maduran a finales de la primavera y durante todo el verano. Esta raza es originario de las montañas de América Central; en Ecuador, Nicaragua y México se encuentran comprendida en alturas de entre 500 y 1000 msnm. Es menos resistente al frío que la mexicana pero más que la antillana (Ibar, 1986).

Raza Antillana

Las hojas, de tamaño similar a las de la raza mexicana, tampoco desprende el olor a anís al ser estrujadas. La fruta presenta formas que varían entre la ovalada y la periforme, su tamaño es de mediano a grande, entre 8 y 25 cm de longitud y entre 100 gr a 1 Kg de peso.

El pedúnculo, de forma de clavo, es corto, cilíndrico o ligeramente cónico ensanchándose en el punto de unión con el fruto. La cáscara es delgada, es de 1.5 mm de espesor, mas dura que la de los frutos de raza mexicana y de superficie brillante, tersa y correosa.

El color varia de verde claro al amarillo rojizo. Relativamente, la pulpa contiene poca grasa entre 5 y 15% y tiene un sabor acuoso, mas bien insípido o a mantequilla. El hueso, de gran tamaño, no suele llenar la cavidad que lo contiene. Florece entre enero y abril, tardando de 5 a 7 meses en madurar; la cosecha se realiza entre julio y septiembre. Esta raza es espontánea en valles, depresiones y tierras bajas de América Central y norte de la Meridional, sin pasar de los 500 msnm. Es la raza menos resistente al frío (Ibar, 1986).

Variedades

Las variedades del aguacate se clasifican en tres "razas" de los grupos, conocidos como la antillanas, guatemaltecas y mexicanas. Las variedades tempranas generalmente son la raza antillana y la mexicana, mientras que las variedades de temporada y últimas son híbridos entre las razas y tienen caracteres intermedios (Crane, Balerdi, 2001).

Entre las variedades actualmente mas importantes son la Bacon, Fuerte, Gwen, Hass, Pinkerton, Reed y Zutano (CAC, 2002).

La variedad Bacon, pertenece a la raza mexicana; es un árbol vigoroso, erecto, resistente al frío. Cultivado en California, Islas Canarias en España y Costa de Marfil en África. Una variedad de buena calidad de cáscara verde, Bacon es una fruta atractiva de tamaño mediano, cuya temporada es de finales de otoño hasta la primavera. La fruta tiene forma ovalada. El hueso es de mediano a grande, se pela fácilmente. Apariencia: Suave, verde y de cáscara delgada. La pulpa es amarilla-verdosa. Características de Maduración: La cáscara se conserva verde, se oscurece ligeramente. La fruta cede a una ligera presión.,se almacena bien, se transporta bien en estado verde (no maduro) y responde a un pre-tratamiento ligero de etileno. Disponible a finales de otoño hasta la primavera.

La variedad Fuerte es un híbrido de guatemalteco x mexicano; originario de Atlixco Puebla. Cosechado a fines de otoño hasta la primavera, el Fuerte es el aguacate original de alta calidad, con una suave cáscara verde. La fruta tiene forma de pera. El hueso es mediano, se pela fácilmente. Fruta de mediana a grande. Apariencia: su cáscara delgada y verde de superficie suave. La pulpa es cremosa y de verde pálido. Características de Maduración: la cáscara se conserva verde. La fruta cede a una ligera presión cuando está madura. Buena vida en estantes, soporta bien el transporte responde a un pre-tratamiento de etileno. Disponible a finales de otoño hasta la primavera.

La Gwen, es similar en apariencia, sabor y textura al Hass. El tamaño de la fruta es más grande que el Hass. La cáscara se conserva verde cuando madura. La fruta es ovalada, el hueso es de tamaño chico a mediano. Se pela fácilmente. Fruta de mediana a grande. Apariencia: cáscara verde, rugosa y gruesa pero flexible, la pulpa es cremosa y de un verde dorado. Características de Maduración: la cáscara verde se torna oscura. La fruta cede a una ligera presión cuando está madura. Buena vida en estantes soporta bien el transporte. Responde bien a un pre-tratamiento de madurez, Disponible a finales de invierno hasta finales de verano (CAC, 2002).

La variedad Hass fue obtenida por semilla de una planta Guatemalteca es una variedad muy difundida y se caracteriza por ser el aguacate de todo el año en México. Se distingue por su cáscara que de verde se torna a morada-negra cuando está maduro, el Hass es la variedad líder de aguacates de California con más de un 80% del volumen. La fruta tiene forma ovalada, el hueso es de tamaño chico a mediano, se pela fácilmente. Apariencia: cáscara verde, rugosa y gruesa pero flexible. La pulpa es de textura cremosa y de un verde pálido. Características de Maduración: la cáscara se oscurece a medida que madura. La fruta cede a una ligera presión cuando está madura. Buena vida en estantes; se almacena bien. Características inmejorables para transportación. Excelente respuesta a un pre-tratamiento de etileno para madurar. Es el único aguacate que se encuentra todo el año.

Pinkerton, es una excelente variedad de invierno. Los aguacates Pinkerton tienen un hueso pequeño, generan más pulpa por aguacate y están disponibles en todos los tamaños al comienzo de la temporada. Tiene una forma de pera alargada, De hueso pequeño. Características excelentes para pelar. La fruta es de tamaño grande. Apariencia: cáscara medianamente gruesa con un ligero corrugamiento

La pulpa es de textura cremosa y de un verde pálido. Características de Maduración: el verde de la cáscara se acentúa conforme se madura. Se almacena y transporta bien. Responde a un pre-tratamiento de etileno. Se comporta mejor cuando ha sido pre-tratado. Disponible desde el invierno hasta la primavera.

Reed es la variedad del verano. El Reed es una fruta grande, redonda y disponible en los meses de verano. Tiene forma redonda, de hueso mediano, se pela fácilmente. De mediano a grande. Apariencia: cáscara verde gruesa con un ligero corrugamiento. La pulpa es cremosa como la mantequilla. Características de Maduración: La cáscara permanece verde. Se almacena y transporta bien. Responde a un pre-tratamiento de etileno (CAC, 2002).

La variedad Zutano pertenece de la raza mexicana es un árbol erecto, vigoroso, precoz y resistente al frío. Fácil de reconocer por su cáscara brillante, amarilla verdosa, el Zutano es una de las primeras variedades cosechadas cuando la temporada empieza en septiembre. Tiene forma de pera, de facilidad moderada para pelar y de tamaño grande. Apariencia: cáscara brillante amarilla verdosa. La pulpa es verde pálido con una ligera textura. Características de Maduración: conserva su color cuando madura. Tiene una vida moderada en estantes. Se transporta bien en estado verde (no maduro). Responde bien sólo a un ligero un pre-tratamiento al inicio de la temporada. Disponible el otoño hasta comienzos del invierno (CAC, 2002).

La mayoría de los cultivares comerciales han sido importados por México. Desde la década de los 70's, después del fuerte incremento en la superficie del cv Hass, éste se mantiene como principal cultivar en México. Las variedades locales comienzan a tener importancia después de la década de los 80's (Mijares, López, 1998).

Polinización

El aguacate (*Persea americana*) se considera una especie alógama, debido a su dicogamia protogínica y la existencia de dos grupos de floración complementarios, A y B. Sin embargo, aunque el comportamiento de floración singular del aguacate aumenta la oportunidad de polinización cruzada, existe normalmente cierta superposición entre las flores femeninas y masculinas del mismo cultivar, que permite también una polinización próxima (Degani, Batsiri, 2003).

La flor del aguacate es circular, de aproximadamente un cm de diámetro; es bisexual, con un comportamiento de flor proterógina dicógama sincronizada. La flor se abre dos veces: una vez como femenina y después como masculina. Cada estado de apertura y cierre de la flor ocurre en forma sincronizada en un mismo árbol y dentro de un mismo cultivar (Wysoki *et al.* 2002 citado por Peña 2003).

Con base en el ritmo de floración, los cultivares de aguacate se dividen en dos grupos complementarios: cuando la temperatura aumenta, los cultivares del grupo A abren como flor femenina desde la mañana hasta el medio día, y las flores masculinas abren durante la tarde. Los cultivares del grupo B abren con flores femeninas en la tarde y como flores masculinas en las horas de la mañana. Algunos aguacates presentan excepciones a esta regla (Wysoki *et al.* 2002 citado por Peña 2003).

De acuerdo con Wysoki *et al.* (2002) citado por Peña (2003), ocurre una polinización cruzada entre flores del grupo B (masculinas) y grupo A (femeninas) durante la mañana y viceversa en las horas de la tarde.

La polinización cruzada va a depender de la distancia entre el árbol donante de polen y el polinizado, y de la movilidad, cantidad y efectividad del agente polinizador. Sin embargo, a veces ocurre polinización cruzada cercana, la cual sucede cuando las flores macho y hembra están en proximidad, como con cultivares de tipo guatemalteco y mexicano y sus híbridos.

A pesar de que el aguacate tiene muchas flores, requiere de la visita de un polinizador. Por ejemplo, para obtener un buen rendimiento se necesitan de 400 a 600 flores por árbol y de dos a tres abejas por árbol durante la fase masculina-femenina. Sin embargo, a pesar de ser polinizadas, muchas flores del aguacate no son fertilizadas (Wysoki *et al.* 2002 citado por Peña, 2003).

En un estudio realizado en Estado de México y Michoacán se encontraron 45 especies del orden Díptera distribuidas en cinco familias, de Hymenoptera con 20 especies ubicadas en seis familias y de Coleoptera cinco especies integradas en cinco familias. Las especies *Apis mellifera* L. (Apidae), *Eristalis tenax* L. (Syrphidae), *Phaenicia mexicana* Macquart (Calliphoridae) y *Palpada mexicana* Macquart (Syrphidae) fueron las especies más abundantes en las dos regiones (Castañeda, Equihua, 1999).

Las especies *Geotrigona acapulconis* Strand (Apidae), *Brachygastra mellifica* Say (Vespidae), *Chrysomya megacephala* F. (Calliphoridae) y *A. mellifera* L., y tuvieron la mayor cantidad polen de aguacate en el vertex, región ventral del tórax y patas, desplazando en eficiencia al resto de las especies identificadas. Sin embargo, la población de *G. acapulconis* se presentó en número muy bajo, lo cual implica que la abeja melífera es el principal polinizante de esta especie frutal y complementada por el resto de las especies determinadas (Castañeda , Equihua, 1999).

Requerimientos Edafológicos y Climáticos

Altitud

El aguacate tiene un amplio rango de adaptación, a diferentes altitudes dependiendo de la raza, la Antillana prospera desde el nivel del mar hasta 80 m; la guatemalteca hasta los 1200 m y la raza Mexicana de 950 a 2,225 m. A través del tiempo el aguacate se ha introducido a ambientes diferentes a los de su habitat natural, adaptándose en general bien. (Sánchez, *et al.*,2000). Las localidades productoras en Michoacán presentan una gran variación en altitudes ya que se ubican desde los 1,500 hasta los 2,225 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Gallegos, 1983).

Temperatura

El clima de la región donde se desarrolla espontáneamente y donde se origino el cultivo del aguacate, sur de México y Centro América, es el de la Zona tropical, comprendida aproximadamente entre los 10-30° de latitud Norte y Sur; en líneas generales se caracteriza por una oscilación anual de las medias diarias de temperaturas perceptible, pero no exagerada, y que permite diferenciar una estación cálida de otra que, aunque no se pueda llamar fría, es fresca o menos cálida (Ibar, 1986).

La fluctuación de la temperatura es responsable de la mayor parte de la variabilidad en la producción del aguacate, los requerimientos térmicos varían de acuerdo a la raza, así se tiene que la Antillana requiere una temperatura optima entre 24 y 26°C y una mínima invernal no menor de 0°; en cuanto a la raza guatemalteca, ésta se desarrolla en un rango de temperaturas medias que oscila de 22-25°C y la temperatura invernal no descienda de los -2°.

La raza Mexicana requiere de una temperatura media optima de 20° y una mínima invernal no menor de -4°C . Varias fuentes reportan que el aguacate se desarrolla mejor en rangos de temperatura mínima de 10°C y una máxima de 33 a 35°C, registros superiores a estos valores tienen un efecto negativo sobre el proceso de polinización y aumento de polen estéril.

Por otra parte, temperaturas inferiores a 10°C retardan la floración y fructificación , requieren temperaturas mínimas de 12-17°C y máximas de 28-30°C para la sucesión de la etapas de floración y fructificación (Sánchez *et al.*, 2000).

Precipitación

Las precipitaciones deben fluctuar entre los 1800 y 2000 mm anuales, que distribuidas bastante uniformemente en todos los meses del año, corresponden mas al clima de la zona ecuatorial que al del tropical (Ibar, 1986).

De acuerdo a la raza y origen de la misma , los requerimientos de lluvia para la Antillana es de 1,100 –3350 mm, para la guatemalteca de 800-3,400 mm, mientras que la Mexicana requiere de 650-2,200 mm. En general se puede decir que el aguacate de manera natural no prospera con en ambientes con isoyetas menores a 650mm, por lo que al introducirlo en ambientes mas secos necesariamente se requerirá de irrigación (Sánchez *et al.*, 2000,).

Suelo

Es aguacate es bastante adaptable a los diversos tipos de suelos desde los arenosos y sueltos hasta los francamente limosos y compactos; pero las condiciones optimas se tendrán en un suelo básicamente permeable y bien drenado, de tierras francas, se considera media, humitas ricas en materia orgánica y reacción ligeramente ácida (Ibar, 1986).

La capacidad de retención de la humedad, que debe ser la necesaria para el normal desarrollo de la planta, es muy importante , pues un suelo demasiado cremoso o granuloso, al ser poco retenido, ocasionaría daños por sequedad; en cambio, un suelo limoso demasiado coloide, al producir encharcamientos, puede ser un buen medio para el desarrollo de enfermedades criptogámicas y causa de asfixia de las raíces, al evitar la aireación del suelo.

Para conseguir un buen drenaje que elimine los encharcamientos, debe procurarse que la capa freática sea profunda, al menos 75cm del nivel del suelo. Estos suelos deben recibir durante todo el año una precipitación acuosa de 900mm por lo menos, la cual, de no conseguirse, debe ser sustituido por los riegos.

La reacción del suelo debe ser neutra o ligeramente ácida (de pH entre 6 y 7.5); relacionada con la reacción está la presencia del carbonato cálcico activo y pH superior a 7.5 , que produce alcalinidad del suelo. Al ser el aguacate bastante calcífugo, no se puede cultivar en terrenos demasiados calizos, siendo suficientes con los que tienen un 40% de caliza. La carencia de hierro, tanto por falta o por su insolubilización en terrenos demasiado calizos, le ocasiona la clorosis de las hojas. Un exceso de sodio también es perjudicial al aguacate por lo que la salinidad del suelo no debe pasar de 0.5 mmhos/cm. Las distintas razas requieren suelos similares, quizás un poco mas ácidos (pH 6-7) las variedades antillana y guatemalteca (Ibar, 1986).

Propagación

La propagación consiste en la multiplicación que se realice por medio de semillas (sexual) o partes vegetativas (asexual), para tener éxito se requiere conocer el tipo de planta a propagar. La propagación por semilla se utiliza para propagar patrones o portainjertos y consiste en las siguientes etapas:

Obtención de la semilla, la cual debe de obtenerse de frutos que se encuentren completamente maduros y libres de enfermedades, seleccionando un árbol vigoroso, al extraer la semilla se lava con agua a chorro y se deja secar en un lugar sombreado y ventilado. Una vez seca se trata con un fungicida e insecticida.

Preparación del sustrato para siembra. Este se prepara con una combinación tierra de bosque-arena, se procede a desinfectarlo con formol y se coloca en bolsa de polietileno negro siendo el mas usado el de 5 Kg.

Siembra. Se debe cortar la punta de la semilla, eliminándose aproximadamente 1cm de punta de los cotiledones y quitar la testa o cáscara, después de esto se debe tratar la semilla con un fungicida. Se siembra la semilla colocando la parte mas ancha y plana hacia abajo, y en una profundidad que le permita cubrirla con 2cm de sustrato y se riega inmediatamente.

Para la propagación del injerto se emplean cultivares seleccionados para su producción comercial y se refiere a las siguientes etapas:

Selección de árboles donadores de varetas. Se deben seleccionar árboles que tengan características propias del cultivar a propagar, que se muestran vigorosas, sanos y productivos (Sánchez, *et al.*,2000).

Selección de varetas. Se cortan aquellas de ultimo crecimiento con yemas grandes, bien formadas e hinchadas. El grosor de la vareta será igual o similar al patrón y tendrá un tamaño de 10-12 cm con 4-6 yemas.

Injertación. Es preferible que injerte con las varetas inmediatamente después de cortarlas. La injertación se realiza cuando el portainjerto presenta un grosor de 1.5-2.0 cm en la base del talo, se pueden hacer varios tipos de injertos como: Enchapado lateral, el de escudete o yema o el de corona (Sánchez, *et al.*, 2000).

Establecimiento de la plantación

Preparación del terreno

Es una actividad fundamental, para lograr un crecimiento y desarrollo de los árboles de aguacate, se excavan sitios de observación del subsuelo para observar la profundidad y perfil del suelo. además del subsoleo, se deben dar los pasos de rastra que sean necesarios para dejar bien mullido el suelo, para facilitar el crecimiento de la raíces del árbol (Sánchez, *et al.*, 2000).

Época de Plantación

Si el sitio donde se establecerá el huerto está libre de heladas, la plantación puede efectuarse en cualquier época del año, siempre y cuando se disponga de riego, los árboles plantados en primavera requerirán riegos frecuentes hasta que se establezca el temporal de lluvias; alcanzarán un buen desarrollo para tolerar el siguiente invierno y obtener una buena brotación (Sánchez, *et al.*, 2000).

Trazo de la Plantación y Densidad de Plantas

Los sistemas de trazo más comunes son el cuadrado o el marco real, y el hexagonal o tresbolillo. La plantación en suelos de buena calidad se hace en cepas excavadas con dimensiones de 40x40x40 cm; en suelos que no tengan características óptimas, las cepas pueden ser de 60x60x60 cm (Sánchez, *et al.*, 2000).

El número de árboles por ha depende de la decisión de elegir huertos con altas densidades o bien densidades o bajas. El distanciamiento entre árboles en huertos con altas densidades se inicia con distancias de 4 a 5 m; en huertos con densidad media la distancia inicial será de 7 a 9m y en huertos con bajas densidades la distancia puede ser de 10 a 12m.

En densidades altas en marco real 5x5 m se puede tener una densidad de 400 Arboles/ha y en tresbolillo 462 Arboles/ha. En densidades medias de 7x7m la densidad en marco real es de 204 Arboles/ha y en tresbolillo 237 Arboles/ha. Y en densidades bajas de 10x10 m la densidad será de 100 Arboles/ha y en tresbolillo serán 115 Arboles/ha (Sánchez, *et al.*, 2000).

Riego

La franja aguacatera de México, se caracteriza por ser de clima subtropical, húmedo. El incremento de la productividad del cultivo del aguacate mediante un suministro de riego, es superior en comparación a la obtenida bajo condiciones de temporal, tanto en producción de fruta, como en vigor y aspecto del árbol.

De acuerdo al tamaño y densidad del follaje, así como de las condiciones del ambiente, los árboles absorben diferentes cantidades de agua; un suministro de agua en los meses secos y calurosos mas que en los húmedos y frescos de invierno (Sánchez, *et al.*, 2000).

En los últimos años la superficie con riego presurizado ha ido aumentando; la aspersión se ha ido aumentando constante a través del tiempo y los sistemas de riego localizado de alta frecuencia han ganado importancia en el cultivo. Se ha observado en la región aguacatera de Uruapan el riego debe ser proporcionado a partir de enero y hasta mayo y la cantidad de agua requeridos en esta zona es de 400mm distribuidos en cinco meses (Sánchez *et al.*, 2000).

Nutrición

Clasificación de los Nutrimentos

Existe una clasificación de los nutrimentos basado en la cantidad en la que se les encuentra en la materia seca. Sin embargo, es necesario mencionar que esta clasificación no refleja la importancia de cada uno de ellos, para el óptimo desarrollo y producción de las plantas. En el caso del aguacate, en la categoría de macronutrientes se ubica el N, P, K, Ca (Calcio), Mg (Magnesio), S (Azufre) y Cl (Cloro). Como micronutrientes se encuentran el Fe (Fierro), Cu (Cobre), Mn (Manganeso), Zn (Zinc), B (Boro), Mo (Molibdeno), Cl (Cl) (Salazar, 2002).

Los Micronutrientes en el Aguacate

Estos siete micronutrientes B, Mo, Cu, Fe, Mn y Zn, son indispensables, para que la planta se desarrolle siempre que se encuentren disponibles en cantidades adecuadas.

El mercado internacional del aguacate demanda fruta de alta calidad, es por ello que además de los macronutrientes: N, P y K, representan una prioridad en cuanto al manejo de la fertilización, no deben olvidarse de los micronutrientes. El buen manejo del B, Cu, Mn, Fe, Zn y Mg pueden representar la diferencia en cuanto a la aceptación o al rechazo del aguacate destinado a la exportación y a los mejores mercados nacionales (Martínez, 1998).

Función de los Nutrimentos

Existen diversas formas para referir las funciones de los nutrimentos de la planta. En orden ascendente son: a) el nutrimento es esencial b) el nutrimento juega un papel en un proceso fisiológico, c) el nutrimento activa una enzima que regula un proceso enzimático y d) el nutrimento es un componente integral de un metabolito esencial, complejo o de un compuesto macromolecular.

Algunos nutrimentos esenciales pueden tener más de un papel específico en el crecimiento de la planta. Es claro que un nutrimento puede tener varias funciones en la planta. Los síntomas característicos de deficiencia de un nutrimento en particular son aquellos en los que una función tiene un mayor requerimiento del nutrimento que otras funciones (Salazar, 2002).

El Potasio

El potasio K es un nutriente esencial de la planta. Es uno de los tres nutrientes principales junto con el N y el P. Los cultivos tienen aproximadamente la misma cantidad de K que de N, pero más K que P. En muchos cultivos de alto rendimiento, el contenido excede el contenido de N. El K es absorbido del suelo por las plantas en forma iónica K^+ . A diferencia de N y el P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta (INFOPOS, 1997).

Función del Potasio

La función principal está relacionada fundamentalmente con muchos y variados procesos metabólicos. El K es vital para la fotosíntesis. Cuando existe deficiencia de K, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta incrementa. (INFOPOS, 1997).

Estas dos condiciones (reducción de la fotosíntesis e incremento en la respiración), presentes cuando existe deficiencias de K, reducen la acumulación de carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y producción en la planta. Otras funciones del potasio son:

- Es esencial para la síntesis de proteínas .
- Es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta para su crecimiento.
- Ayuda a controlar el balance iónico.
- Es importante en la translocación de metales pesados como el hierro (Fe).
- Ayuda a la planta a resistir los ataques a las enfermedades.
- Es importante en la formación de fruta.
- Mejora la resistencia de la planta a heladas
- Esta involucrado en la activación de mas de 60 sistemas enzimáticos que regulan las principales reacciones metabólicas de la planta.

(INFOPOS, 1997)

El potasio es requerido como un cofactor para mas de 60 enzimas. Tiene una función importante en los movimientos estomatales y por ende en la eficiencia de uso de agua por la planta. Mantiene la electroneutralidad en las células vegetales. Importante en el transporte de azúcares y otros productos en la fotosíntesis, resistencia a fitopatógenos y calidad del fruto (Salazar, 2002).

El potasio (K) estimula y promueve el crecimiento radicular. Además, mejora la resistencia del aguacate a las enfermedades y a los efectos adversos del clima y es esencial para la formación de azúcares y almidones para la planta, ya que está ligado directamente con la fotosíntesis y otras características de calidad del fruto (Salazar, Ferrat, 1999).

Síntomas de Deficiencia

Los síntomas de deficiencia de K aparecen en muchas formas. Uno de los síntomas más comunes de carencia de K es el marchitamiento o quemado de los márgenes de la hoja. En la mayoría de los cultivos el quemado aparece primero en las hojas viejas, especialmente en gramíneas. En algunos cultivos y en ciertas condiciones, los signos de deficiencia se presentan primero en las hojas nuevas por ejemplo, en algodón en el caso de frutales, los síntomas mas comunes son las hojas de un color amarillento cuyos márgenes se doblan hacia arriba, presencia de áreas marchitas en los márgenes de las hojas que luego se desgarran, fruta pequeña que cae prematuramente, fruta de mala calidad con respecto al manejo y almacenamiento (INFOPOS, 1997).

Formas de Potasio en el Suelo

A pesar de que la mayoría de los suelos contienen miles de kilogramos de K, solo una pequeña cantidad esta disponible para la planta. El K esta presente en el suelo en tres formas: no disponible, lentamente disponible y disponible (INFOPOS, 1997).

Potasio no Disponible

El K no disponible es retenido fuertemente en la estructura de los minerales primarios del suelo (rocas). Este potasio es liberado a medida que los minerales se meteorizan o descomponen por acción de los agentes ambientales como temperatura y humedad, pero esta liberación es tan lenta que el K no esta disponible para las plantas en un ciclo de crecimiento en particular. El proceso de meteorización es tan lento que toma cientos de años para acumular cantidades significativas de K disponible en el suelo. Generalmente, los suelos de regiones cálidas y húmedas son mas meteorizadas que aquellos de climas fríos y áridos.(INFOPOS, 1997).

Potasio Lentamente Disponible

El K lentamente disponible es aquel que queda atrapado o fijado entre las capas de cierto tipo de arcillas del suelo. Estas arcillas se contraen o se expanden cuando el suelo está seco o húmedo, la contracción y expansión de las capas de las arcillas atrapa los iones K haciéndolos no disponibles o lentamente disponibles. Los suelos viejos muy meteorizados no contienen cantidades significativas de estas arcillas. Los suelos arenosos contienen reservas más pequeñas de K lentamente disponible en comparación con aquellos suelos que contienen mayores cantidades de arcilla (INFOPOS, 1997).

Potasio Disponible

El K disponible es aquel que se encuentra en la solución del suelo y el k que está retenido en forma intercambiable por la materia orgánica y las arcillas del suelo. La mayoría de los suelos contienen menos de 10 Kg/ha de K en solución. Estos apenas pueden abastecer un cultivo en crecimiento por 1 día o 2.

Sin embargo a medida que el cultivo remueve K de la solución el potasio intercambiable se libera y reponen el potasio de la solución. El K es reemplazado por otro catión de la solución. Este movimiento continúa hasta que se establece un nuevo equilibrio. De esta forma, por medio del proceso de intercambio catiónico, el K está continuamente disponible para el crecimiento de las plantas, si el suelo tiene suficiente K disponible al comienzo del ciclo de crecimiento. (INFOPOS, 1997).

Requerimientos Nutrimientales del Aguacatero

Los árboles se caracterizan por tener una relativa baja demanda nutrimental, debido a que son pocos nutrientes removidos del suelo. Lahav (1999), mencionado por Téliz, señala que la extracción de N P y K en una tonelada de fruta es de 11, 2 y 20 Kg. de N P y K respectivamente. Los requerimientos nutrimentales del aguacatero son variables durante su desarrollo y esto depende de la edad del árbol, fenología y la variedad (Téliz, 2000).

Remoción de Nutrimientos por Fruto y Árbol

El fruto de aguacate está compuesto principalmente de agua. Sin embargo, del 10 a más del 30% del peso fresco del fruto corresponde a materia seca. De los distintos componentes del fruto, la pulpa y la semilla son los que contribuyen en mayor proporción al peso seco total del fruto. La epidermis o cáscara puede ser muy similar entre distintos cultivares, sin embargo, el peso de la semilla suele ser diferente y varía según los cultivares de aguacate. El peso fresco del fruto es un estimador común de la cosecha y la rentabilidad del huerto. Sin embargo, esto no significa que frutos de mayor tamaño o cosechas abundantes de frutos de gran tamaño extraigan más nutrientes del suelo. La materia seca está formada de carbono y de todos los nutrientes empleados durante el desarrollo y crecimiento del fruto. Así se forman las proteínas y aceites, ambos de alto contenido en los frutos de aguacate Hass. Los frutos con mayor contenido de materia seca y aceite utilizan mayor cantidad de nutrientes. (Salazar, 2002)

Los nutrientes del suelo absorbidos por las raíces de árbol se transforman en compuestos orgánicos o inorgánicos que luego son transportados a las diferentes partes del árbol. En una hectárea con 100 árboles, se encuentran distribuidos un total de 106 Kg de N y 10 Ton/ha de frutos remueven del huerto 28 Kg de N (Lovatt, 1998).

El K y el N constituyen los elementos extraídos en una mayor proporción a través de una cosecha. Los elementos extraídos por una cosecha presentaron el siguiente orden de magnitud: K, N, P, Ca y Mg. Una producción promedio de 14, 366 Kg/ha de frutos frescos la planta de aguacate extrae aproximadamente 60kg de K₂O, 40 Kg de N, 25 Kg de P₂O₅, 11.2 Kg de Ca y 9.2 Kg de Mg por hectárea respectivamente (Avilán y Chirinos, 2005)

Para México se considera que para una producción de 20 Ton/ha de fruto fresco como el potencial estimado y una cosecha de 20 ton de aguacate Hass remueve 52, 21 y 94kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Es también notoria la alta remoción de Mg, S, Zn, B y Mo por todo el fruto (incluyendo testa, semilla, pulpa y epidermis) de aguacate Hass . (Salazar, 2002).

Cuadro 1. Extracción nutrimental (Kg) por 10 ton. de aguacate.

CULTIVAR	N	P	K	CA	MG	FE	CU	ZN
Hass	7.0	7.7	153	10.7	0.13	0.12	0.06	0.15
Fuerte	3.2	1.2	4.2					

Fuente: Sánchez y Ramírez, 2000.

Estudios sobre la remoción de nutrientes en el Aguacate muestran que este es diferente en los cultivares, esta remoción debe tomar importancia en el rendimiento de cada cultivar; ya que esta remoción debe relacionarse con la fertilización, además de que se suplemente suficiente N y K para lograr crecimiento y calidad óptimos. Los contenidos de P, Mg y S en el suelo deben ser adecuados antes de la siembra. Se debe evaluar el contenido de micronutrientes y si es necesario se deben hacer aplicaciones foliares. Los programas de fertilización balanceada, específicos para cada cultivar, son esenciales para mejorar el rendimiento y la calidad de la fruta. Un programa de fertilización adecuado del aguacate debe incluir el análisis del contenido de nutrientes en la fruta y los análisis de suelo y foliar para estimar de mejor manera los requerimientos de fertilización del huerto (Salazar, Lazcano, 2001).

Movilidad y Removilización de Nutrimentos dentro de la Planta

En condiciones normales de cultivo los nutrimentos tienden a moverse de los sitios de mayor concentración o abundancia en la planta a los sitios de mayor demanda. Este movimiento se realiza principalmente a través del floema. La movilidad de los macronutrimentos por el floema es alta, a excepción del Ca y para los micronutrimentos la movilidad es intermedia, con excepción de Mn y en algunos casos el Cl. El conocimiento de la facilidad con que los diferentes nutrimentos pueden removilizarse dentro de la planta es una herramienta valiosa para el diagnóstico acertado de trastornos nutrimentales en condiciones de campo. La removilización de nutrimentos de los tejidos más viejos a los más jóvenes durante el desarrollo de las plantas o durante una condición de estrés origina cambios rápidos en la concentración de nutrimentos en las hojas u otros órganos.

Los nutrimentos móviles, como N, P y K son removilizados rápidamente de los tejidos viejos a los jóvenes. Estos nutrimentos tienden a moverse en forma similar tanto en plantas bien abastecidas nutrimentalmente como en aquellas con deficiencia. La deficiencia de un nutrimento de movilidad intermedia o baja en el floema resulta en una concentración baja de este nutrimento en los tejidos jóvenes. Los nutrimentos de este grupo no son fácilmente removilizados de los tejidos viejos y los requerimientos de la planta tienen que ser cubiertos a partir del medio externo (Salazar, 2002).

En estas condiciones las plantas pueden mostrar niveles normales de estos elementos en los tejidos adultos, sin embargo, las hojas jóvenes, yemas o frutos pueden tener un desarrollo anormal como resultado de un suministro externo inadecuado. El Ca y el B son los nutrimentos que han sido más estudiados en este sentido (Salazar, 2002).

Movimiento del Potasio en el Suelo

Es vital mantener niveles adecuados de K en el suelo porque este nutriente no se mueve mucho, excepto en suelos arenosos u orgánicos. A diferencia del N y algunos otros nutrientes, el K tiende a mantenerse en el sitio donde se coloca cuando se fertiliza.

Cuando el K se mueve, lo hace por medio del proceso denominado difusión, en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas del suelo. Las condiciones secas hacen que este movimiento sea mas lento, pero niveles altos en el suelo lo aceleran. En general las raíces de las plantas hacen contacto con menos del 3% del suelo en el cual crecen. Por esta razón, el suelo debe estar bien abastecido de K para asegurar que las necesidades de las plantas sean atendidas continuamente durante todo el ciclo de crecimiento, hasta el momento de la cosecha (INFOPOS, 1997).

Análisis Foliar y la Nutrición del Aguacate

El análisis de suelo es una herramienta útil para identificar el estado general de fertilidad del suelo; sin embargo, no existe información para aguacate relacionada con los niveles críticos de respuesta para cada uno de los nutrimentos en aguacate, por lo anterior, el análisis foliar es la mejor alternativa disponible para realizar y complementar el diagnostico de las necesidades nutrimentales del aguacate y de esta forma poder recomendar una fertilización balanceada, en función de un rendimiento esperado.

EL análisis químico de hojas puede tener diversos usos como: a) Diagnostico de deficiencias, toxicidades o desbalances nutricionales. b) Recomendaciones de fertilización. c) Monitoreo de la respuesta a la aplicaciones de fertilizantes. d) Calculo de la cantidad de nutrimentos removidos por cosecha, con el propósito de restituirlos y mantener la fertilidad del suelo. e) Diagnostico del estado nutrimental de un cultivo por regiones, zonas y tipos de suelo (Salazar, 2002).

Fertilización del Aguacatero

La fertilización es una práctica importante de manejo del aguacatero que tiene como objetivo fundamental aumentar la concentración de nutrientes en las solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de éstos para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo. Debido a que el sistema radical del aguacatero no es muy extenso y carece de pelos radicales, es necesaria la presencia en el suelo de una cantidad elevada de nutrimentos de fácil disponibilidad. Con el objetivo de proporcionar todos los elementos necesarios al aguacatero para obtener altos rendimientos , de excelente calidad, además de minimizar la alternancia se hacen aplicaciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (Téliz, 2000).

Las investigaciones sobre la fertilización del Aguacate en diferentes partes del mundo no son abundantes, limitándose a las existentes en zonas de California, México, Chile, Florida e Israel. En estos lugares la fertilización se efectúa principalmente con el apoyo del diagnóstico foliar, recolectándose hojas (con el peciolo incluido) del ciclo primaveral, que tengan entre 5 y 7 meses de edad, tomadas de ramas sin frutos, dispuestas en el plano ecuatorial o en la parte norte de la copa del árbol. También son importantes los análisis de suelo y su correcta interpretación, para determinar el aporte de éste. (Universidad de California, 2002)

Cuadro 2. Contenido de Nutrimentos en la hoja del Aguacate.

MACRONUTRIENTES (%)	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	AZUFRE	MAGNESIO	CALCIO
Nivel bajo	< 1.6	< 0.05	0.35-0.7	0.05-0.2	0.15-0.25	0.5-0.1
Nivel medio	1.6-2.0	0.08-0.25	0.8-2.0	0.2-0.6	0.26-0.8	1.1-3.0
Nivel alto	> 2.0	> 0.3	2.0-3.0	0.6-0.1	0.81-1.0	3.1-4.0
Micronutrientes (ppm)	Fierro	Manganeso	Cobre	Zinc	Boro	Molibdeno
Nivel bajo	20-50	10-30	10-30	2-4	10-50	0.01-0.04
Nivel medio	51-200	31-500	31-150	5-15	51-100	0.05-1.0
Nivel alto		501-1000	151-300	16-25	> 100	

Fuente: Universidad de California

Los mejores rendimientos y calidad se obtienen cuando se aportan las cantidades necesarias de nutrientes en forma balanceada, en la época oportuna de acuerdo al ritmo de absorción de la planta, y con la fuente de fertilizantes adecuada. En la zona productora de aguacates predominan los suelos ácidos por lo que no es recomendable la utilización excesiva de fertilizantes de reacción ácida como el Sulfato de Amonio, la Urea, Fosfato Mono y Diamónico. El aguacate en la zona de Uruapan y en gran parte de Michoacán se cosecha prácticamente durante todo el año, aunque el 50% de la producción se concentra entre los meses de noviembre a febrero (Chirinos, 2000).

Fenología y Requerimientos Nutrimientales

Crecimiento Vegetativo: Una característica del aguacate es que en algunas condiciones puede crecer ininterrumpidamente, es decir, no tiene un periodo de reposo definido manteniéndose en constante actividad vegetativa.

Floración: El aguacate produce una altísima cantidad de inflorescencias que se ubican alejadas del eje. En Michoacán se diferencian tres floraciones principales: “la aventajada, la normal y la marceña“. Dependiendo de las condiciones ambientales a veces ocurre una floración ocasional denominada “la loca“. Si bien reciben distintos nombres, éstas ocurren en forma prácticamente consecutiva.

La floración con mayor porcentaje de fecundación suele ser la normal, la que ocurre desde noviembre hasta mediados de diciembre. En el periodo de prefloración y floración el árbol absorbe la mayor cantidad de Fósforo. También es importante en este periodo un buen suministro de Boro.

Fructificación: El árbol de aguacate por el hecho de presentar un periodo de floración tan largo, tiene la característica de presentar fruta de varios tamaños y en distintas fases de crecimiento al mismo tiempo (Chirinos, 2000).

El periodo desde floración a maduración oscila entre 8 y 10 meses. En este periodo es de gran importancia el Potasio. Las fases fenológicas se traslapan y por lo tanto la demanda de nutrientes en esos momentos es muy alta, principalmente de Nitrógeno y Potasio.

El aguacate es una especie con bajos requerimientos de Fósforo, sin embargo, por las características químicas de los suelos de la zona aguacatera, es necesario aumentar la dosis, ya que existe una alta fijación de este elemento.

Con respecto al Nitrógeno es necesario incluirlo en igual proporción en todas las parcialidades, ya que gran parte del éxito de la producción es el equilibrio entre el área fotosintética y frutos en el árbol, especialmente en la variedad Hass de gran rendimiento. Junto con el Nitrógeno, el Potasio es el elemento de mayor demanda en el aguacate y es de particular importancia en la inducción floral, fructificación y calidad del fruto.

El Nitrato de Potasio presenta atributos especialmente apropiados para el aguacate, ya que proporciona los dos elementos de mayor demanda (N y K) en sus formas de mayor disponibilidad y sin acidificar el suelo, provocando un mayor y más rápido crecimiento del fruto. Otros elementos de importancia para el aguacate en esta zona son el Mg, Ca, Zn y Mn.(Chirinos, 2000).

El Solupotasse, sulfato de potasio (SOP) soluble y el Granupotasse, Sulfato de potasio granular, de Tessengerlo Group, son fuentes de K y de baja Salinidad , que en el caso del aguacate no causan quemaduras en el follaje, lo que permiten obtener fruto de gran calidad y de calidad para la exportación. (Tessengerlo Group).

Época y Métodos de Aplicación

Según la función del nutrimento y la etapa fenológica del aguacatero, el fertilizante deberá aplicarse de manera parcial, con el propósito de evitar pérdidas por fijación de N, P, y K, lixiviación y volatilización del N.

Los fertilizantes deben ser aplicados en forma apropiada para obtener el máximo beneficio de los mismos, los fertilizantes minerales son adicionados al suelo uniformemente a 15-20 cm de profundidad en la zona de goteo, es decir donde se encuentre la mayor parte de las raíces. El fertilizante puede aplicarse mediante alguno de los siguientes métodos: Aplicación superficial en banda, aplicación en hoyos, en zanjas, foliar y aplicación vía riego (Salazar, 2002).

La Fertilización con Potasio

La deficiencia del Potasio fue considerada por varios años como rara sobre todo en huertos jóvenes de aguacate. Sin embargo a medida que la edad de los árboles avanzó se observó el descenso en la cantidad de potasio disponible en los suelos de los huertos. Por ejemplo resultados del muestreo foliar de huertos jóvenes y viejos mostraron que los huertos viejos tuvieron una concentración menor de potasio que los huertos jóvenes, por la remoción gradual de potasio en un mismo sitio a través de los años. La deficiencia de potasio en aguacate, no solo puede ser detectado por sus síntomas típicos, sino también por el incremento en la susceptibilidad del árbol al ataque de plagas como el caso del barrenador de ramas.

Existen creencias que los suelos donde se cultiva el aguacate contienen potasio pero es necesaria la fertilización con este nutrimento. En el cálculo de para obtener la cantidad de aplicar serán tomados los resultados de los análisis de suelo (Salazar, 2002).

Los análisis foliares deben ser usado para detectar trastornos en los niveles de potasio y puedan éstos ser corregidos oportunamente mediante la modificación de la dosis, fuentes, épocas de aplicación del fertilizante. Los efectos de la fertilización con potasio pueden ser observados después de varios años por lo que hay que procurar que los niveles de potasio en el follaje sean mantenidos en el nivel normal para prevenir reducciones en el rendimiento o calidad del fruto (Salazar, 2002).

Fertilizante Potásico en el Suelo

Para satisfacer las necesidades de la planta, las raíces absorben K en forma iónica K^+ de la solución del suelo. Cuando la planta deprime la concentración de K^+ en la solución del suelo, este es remplazado por K que sale de la fase de intercambio para mantener el equilibrio, o por la aplicación externa de K.

El K en los fertilizantes toma forma iónica K^+ cuando se disuelve, por lo tanto, el K presentes en todas las fuentes es el mismo. Una vez que el potasio se encuentra en forma iónica (K^+), sin importar cual fue la fuente original, el nutrimento es el mismo y esta sujeto al mismo destino en el suelo (INFOPOS, 1997).

Épocas de Aplicación

Según estudio realizados, la absorción del potasio por las raíces del aguacate ocurrió a mayor velocidad en los ápices de las raíces finas. Sin embargo las raíces jóvenes recientemente suberificadas realizaron la mayor absorción ya que fueron las mas abundantes. Cuando existe suficiente potasio en la solución del suelo, su absorción por las raíces es a través de flujo de masa; sin embargo cuando las concentraciones internas o externas de K son deficientes, el mecanismo de absorción podrían ser con gasto energético (Salazar, 2002).

Cuando la humedad del suelo es deficiente, la absorción de potasio por la planta es reducida debido a que esta falta de humedad reduce la movilidad del potasio en el suelo, además de reducir drásticamente el crecimiento de las raíces. Entonces, en huertos que no disponen de riego, la fertilización con potasio deberá de realizarse en forma fraccionaria, al inicio y termino de la época de las lluvias, que es cuando mayor crecimiento presentan las raíces.

Si la humedad del suelo no es un factor limitante, el crecimiento de las raíces de aguacate estará regulado principalmente por la temperatura del suelo y la ocurrencia de flujos de crecimiento en la parte aérea. En esta situación, la mayor parte del fertilizante potásico deberá ser aplicada al menos un mes antes del inicio de los flujos de crecimiento vegetativo y de raíces. De esta forma será mejor la eficiencia de la fertilización al hacer más disponible el fertilizante para el árbol (Salazar, 2002).

Forma de Aplicación

El potasio se encuentra en la solución del suelo en forma de cation K^+ ; por lo tanto la retención del potasio en el suelo es muy dependiente de su intercambio catiónico. Entonces, en suelos arenosos el arrastre del potasio a capas más profundas del suelo puede ser un problema. En suelos con mayor proporción de arcillas, las concentraciones foliares del potasio son mas altas que en suelos arenosos, debido posiblemente a la capacidad de intercambio cationico de los suelos pesados.

En suelos arenosos para incrementar la eficiencia de la fertilización con potasio es conveniente fraccionar las aplicaciones. No es muy común que el aguacate desarrolle satisfactoriamente en suelos pesados de textura arcillosa y fijadores de potasio, sin embargo seria recomendable aplicar el fertilizante en hoyos y zanjas, en la zona de crecimiento de las raíces. (Salazar, 2002)

Las aplicaciones foliares de potasio podrían suministrar nutrimentos en épocas cuando éstos no pueden ser tomados por las raíces, teniendo cuidado con las concentraciones usadas, ya que en aguacate, soluciones de KNO_3 en concentraciones mayores a 1% pueden causar quemaduras de los ápices y bordes de las hojas por su acción salina, sin embargo el uso del solupotasse al 3% no causa quemaduras en las hojas por su menor salinidad. Otra forma de suministrar el potasio a los árboles de aguacate es a través de inyecciones al tronco. El sulfato de potasio sólido puede ser aplicado en hoyos hechos en los troncos. (Salazar, 2002)

Fertirriego

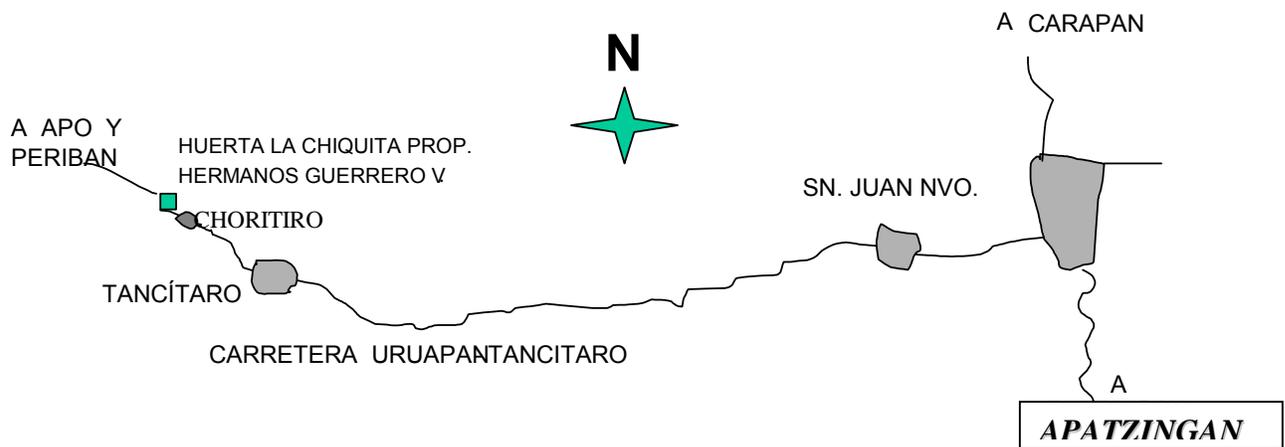
El fertirriego se refiere a la aplicación de fertilizantes disueltos en agua de riego a una parte del sistema radical mediante sistemas de riego localizado, tales como goteo y microaspersión. El fertirriego ha prosperado en los últimos años, dado que es posible un ahorro considerable de agua y fertilizantes, además de aumentar la producción y calidad de cosechas debido a una mayor precisión en la programación de la aplicación de fertilizantes, de acuerdo al estado de desarrollo fenológico del cultivo.

El riego localizado de alta frecuencia en comparación con el riego convencional, las raíces se concentran en un volumen de suelo, más limitado, por lo que los fertilizantes también se aplican de manera localizada y frecuente, de ahí el aumento en la eficiencia de su recuperación, ya que son puestos en la proximidad de las raíces, habiendo menos pérdidas por lixiviación y volatilización. Por otro lado el contenido de humedad permanente en el suelo favorece la disolución y asimilación de los nutrimentos por la planta (Téliz, 2000).

III. MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Área Experimental

El experimento se estableció en el municipio de Tancítaro en la Localidad de Choritiro, el cual está situado en el Km 70 de la carretera Uruapan-Apo del Rosario. Tancítaro se sitúa las coordenadas 19°20' de latitud norte y 102°22' de longitud oeste del observatorio de Greenwich y a una altura de 2,080 metros sobre el nivel del mar. La altura de la huerta es 2200 msnm. La empresa que contribuyó al financiamiento del Experimento es Tessengerlo Chemie Inc. de Bruselas Bélgica y fue ejecutado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), sede Uruapan.



Características del Lugar del Experimento

El suelo es un Andosol conocido regionalmente como Tupure derivado de cenizas volcánicas con pH 5.9, CE <math>< 1.0 \text{ dS m}^{-1}</math> y una CIC de 12 meq 100 gr suelo⁻¹. El agua es de manantial sin problemas de sales ni sedimentos en suspensión.

Material Empleado

Material Vegetativo

Los árboles de aguacate tienen 12 años de edad y se encuentran en plena producción, establecidas en un sistema de plantación en marco real y una separación 10 X 10 m con la variedad "Hass".

Solupotasse

SoluPotasse®, el sulfato de potasio (SOP) soluble de Tessenderlo Group, es una de las mejores fuentes de potasio. Solupotasse® tiene una serie de beneficios importantes comparado con otras fuentes de potasio, que permiten obtener cultivos de gran calidad y de máximo valor para la exportación, además de proteger el medio ambiente ya que presenta baja salinidad.

Cuadro 3. Características Físico Químicas del Solupotasse.

SOLUPOTASSE K ₂ SO ₄	
K ₂ SO ₄	50.9%
SO ₄	55.8%
Cl	0.6%
Análisis granulométrico	85% < 0,30mm
Densidad aparente	1,40 (compacto) 1,10 (suelto)
Ángulo de reposo	40°

Fuente: Tessenderlo Group.

Granupotasse

GranuPotasse®, el sulfato de potasio (SOP) granular de Tessenderlo Group, es una de las mejores fuentes de potasio para las plantas. Este fertilizante tiene una serie de beneficios importantes comparado con otras fuentes de potasio, que permiten obtener cultivos de gran calidad y de máximo valor para la exportación, a la vez que protege el medio ambiente.

Cuadro 4. Características Físico Químicas del Granupotasse.

GRANUPOTASSE K ₂ SO ₄	
K ₂ SO ₄	50.3%
SO ₄	52.6%
Cl	2.1%
Análisis granulométrico	90% entre 1,60 mm et 4,50 mm
Densidad aparente	1,40 (compacto) 1,27 (suelto)
Ángulo de reposo	33°

Fuente: Tessenderlo Group.

Nitrato de Potasio

El nitrato de potasio, sobre todo las formulaciones cristalinas, son de uso común en cultivos intensivos, específicamente bajo fertirriego localizados (goteo y microaspersión). En estos cultivos, el nitrato de potasio, constituye una fuente balanceada de nitrógeno y potasio. El potasio, además de sus efectos sobre el crecimiento del cultivo, mejora la calidad de productos. Así, en cultivos como cítricos, hortalizas como tomate, pimiento y otras especies, es de uso generalizado.

Cuadro 5. Características Físico Químicas del KNO₃

NITRATO DE POTASIO KNO ₃	
Nitrógeno	12-14%
K ₂ O	44%
Solubilidad en Agua	100%
Reacción Inicial en el Suelo	Neutra a Ligeramente Alcalina
Tamaño de Partícula	Perlado y Cristalizado
Densidad Aparente	1030 Kg/m ³

Fuente: Agrefert.

Diseño Experimental

Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental constó de 12 árboles en donde se tomaron como parcela útil dos árboles centrales siendo estos una repetición más, para totalizar 8 repeticiones. Se dejó una hilera entre tratamientos como bordo.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron , manteniéndose fijo el N, P y K pero variando la fuente de K como sigue:

1. K al suelo en fertirriego con Solupotasse (S)
2. K al suelo en fertirriego Solupotasse más Solupotasse foliar al 3% (S+F)
3. K al suelo usando granupotasse (G)
4. K al suelo con Granupotasse + Solupotasse foliar al 3% (G+F)
5. K al suelo con KNO_3 (KNO_3)

Aplicación de Tratamientos

Cada tratamiento fue aislado con las válvulas para controlar el tratamiento específico. Los tratamientos 1 y 2 fueron aplicados mediante fertirrigación. Los tratamientos de 1, 2 y 5 se aplicaron mensualmente mediante fertirrigación. Y por último los tratamientos 3 y 4 se aplicaron mensualmente en una banda de 30 centímetros de ancho, 3.0 m de largo y 5.0 cm de profundo en estas zangas de depositó el Granupotasse manualmente en la zona húmeda mojada por el microaspersor. Las aplicaciones foliares comenzaron en enero en el 3% de árboles asperjando completamente al árbol, y después se siguió asperjando cada mes.

El programa nutrimental con N, P₂O₅ y K₂O fue de acuerdo a la información del Cuadro 6.

Cuadro 6. Programa Nutrimental N, P₂O₅ y K₂O (Kg/ha), aplicado en Fertiriego en el Experimento de Aguacate de Michoacán

Fechas	Fenología	N	P	K
Ene 7	Anthesis, cosecha	10	10	10
Feb 14	Crec. Fruto cosecha	40	20	20
Mar 14	Crec. De fruto	70	20	20
Abr 11	Flor marceña	60	40	20
Mayo 9	Inicio de cosecha flor loca, crec. De fruta	60	20	30
Junio 6	Crec. De fruta	15	30	20
Julio	Fruto limón			
Ago	Crec. De fruto. Cosecha flor loca			
Sep	Cosechas adelantadas Maduración normal Floración loca			
Oct 7	Cosecha	20	30	30
Nov 25	Cosecha. Inicio flor normal	15	40	40
Dic 10	Floración normal	10		10
Total		300	200	200

Variables a Evaluar

Concentración Nutrimental Bimestral Foliar K.

Mediante el análisis foliar de concentración de nutrientes se puede complementar el diagnóstico de las necesidades nutrimentales del aguacate y de esta forma poder recomendar una fertilización balanceada, en función al rendimiento esperado. Se muestreó cada tratamiento; colectándose hojas maduras y limpias de la parte media del árbol, de estas se obtuvo el extracto celular por presión y depositando con una jeringa unas cuantas gotas de savia al sensor del Ionómetro Horiba® , los análisis foliares se efectuaron en campo de manera bimensual, reportándose los resultados en ppm.

Análisis de laboratorio

De la misma forma se tomaron muestras foliares para un análisis total del contenido de potasio (%) en base a peso seco en laboratorio.

Disponibilidad de K en la solución del suelo

En cada tratamiento, se colocaron tubos de succión para obtener la solución del suelo y mediante el ionómetro específico Horiba ® se evaluó la disponibilidad de K en la zona radicular del cultivo.

Rendimiento de cada cosecha

El aguacate es una de las especies de mayor importancia económica dentro de la fruticultura nacional, sin embargo, se puede observar que los rendimientos son bajos, por lo que hay la necesidad buscar nuevas técnicas de manejo de la nutrición que eleve los rendimientos. Se hicieron dos cosechas a lo largo del año analizándose una la fruta de peso mayor a 180 gr mediante una báscula analítica y reportándose los resultados en gramos.

% Materia Seca Contenida en el Fruto

El porcentaje de materia seca tiene un alto grado de correlación con el contenido de aceite y se usa como índice de madurez en la mayoría de las áreas productoras de aguacate; el mínimo requerido de materia seca varía de 19 a 25%, dependiendo del cultivar (19.0% para 'Fuerte', 20.8% para 'Hass' y 24.2% para 'Gwen'). Se tomó al azar, una muestra de 10 frutos por tratamiento y se determinó el % de materia seca, mediante el método gravimétrico.

Conductividad Eléctrica (CE) y pH

El pH del suelo influye de forma decisiva en la mayor o menor asimilabilidad de los diferentes nutrientes necesarios para la planta. Considerando en conjunto los efectos producidos por los diferentes valores de pH en cuanto a la absorción de los nutrientes, puede decirse que el pH "ideal" está entre 6 y 7.

La Conductividad Eléctrica (CE) esta en relación directa con la concentración de las sales solubles en suelo y es determinada en el extracto de saturación del suelo. El aguacate es muy sensible a sales por lo que para un óptimo desarrollo y producción de la planta esta debe ser menos de 2 dS/m.

El pH y la CE, se determinaron con la solución extraída del suelo con el tubo de vacío y se midió con un Potenciómetro y un Conductivímetro, respectivamente.

Análisis de datos

1. Análisis de varianza de la disponibilidad mensual de K en el suelo, para la concentración de K foliar (ppm), para el contenido de materia seca, el pH y la CE de la solución del suelo y el rendimiento de fruto con peso mayor de 180 gr.

2. Con los resultados de laboratorio se obtuvieron los índices de Kenworthy de acuerdo con las relaciones

a) Si x es más baja que el valor estándar:

$$P = \frac{x}{S} 100$$

$$I = (100 - P) \left(\frac{CV}{100} \right)$$

$$B = P + 1$$

b). Si x es más alta que el valor estándar:

$$P = \frac{x}{S} 100$$

$$I = (P - 100) \left(\frac{CV}{100} \right)$$

$$B = P - 1$$

Donde:

X = valor de la muestra analizada en el laboratorio.

S = valor estándar

I = influencia de la variación

CV = coeficiente de variación

B = índice de Kenworthy

Los valores estándar y los coeficientes de variación para K son referidos por Palacios (1986) (Cuadro 7.)

Cuadro 7. Valor Estándar y Coeficiente de Variación para Análisis Nutricional de K en Aguacate.

Nutriente	Valor estándar	C.V (%)
Potasio	1.4	15.6

3. Se efectuaron pruebas de medias mediante la prueba de Tukey (5%), para seleccionar el mejor tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración Nutrimental Foliar K.

El Cuadro 8, muestra los resultados de los análisis foliares del contenido de K (%) en las hojas, se puede observar que los niveles de potasio incrementan en los primeros meses del año, bajan los niveles después de la segunda mitad del año y vuelven a descender en la primera mitad del siguiente año, los niveles bajos de verano se pueden deber a las altas demandas de los árboles en esta época, por lo que las fuentes de fertilización deben ser enfocadas a satisfacer estas demandas, por lo que se coincide con Barcenas *et al*, (2003), quien menciona que los contenidos mas bajos de potasio en la región de Uruapan se encuentran de junio a septiembre.

Cuadro 8. Análisis Foliar del Aguacate en 5 tratamientos . Enero 2004- Febrero 2005.

NUMERO	TRATAMIENTO	ENERO	MARZO	MAYO	AGOS.	NOV.	FEB.
		%	%	%	(%)	(%)	(%)
1	Soluppotase	0.85	1.16	1.49	0.83	0.72	1.20
2	Solupotasse + Sol. Foliar	0.86	1.36	1.43	0.82	0.92	0.96
3	Granupotasse	0.89	1.48	1.57	1.00	0.88	1.15
4	Granupotasse + Sol. Foliar	1.01	1.69	1.36	0.80	0.80	1.25
5 Testigo	KNO ₃	0.75	1.44	1.47	0.70	0.71	1.01
	Sugerido	0.75-2.0	0.75-2.0	0.75-2.0	0.75-2.0	0.75-2.0	0.75-2.0

Mills y Jones (1991)

A pesar de esta situación los tratamientos que mantuvieron los niveles mas altos de K (%) en el contenido de la hoja, durante agosto y noviembre fueron el Granupotasse, Solupotasse + Solupotasse Foliar y Granupotasse + Solupotasse Foliar, por lo que estas podrían ser una alternativa como fuentes de K a lo largo del año y especialmente en las épocas de mayor demanda.

A pesar de las altas y bajas se puede decir que todos los tratamientos son buenas fuentes de K durante todo el año ya que los niveles encontrados en la hoja están dentro del rango considerado como normal por Mills y Jones (1991), a excepción del KNO_3 que en las épocas de mayor demanda los niveles de %K son abajo del considerado como normal. Los resultados obtenidos también concuerdan con lo obtenido por Figueroa *et al* (2001) quien obtiene un contenido de 1.12% K. Por lo que se puede concluir que en México las concentraciones de K (%) es común encontrarlos dentro del considerado como normal.

El Análisis de Varianza (ANVA) de los análisis foliares de la concentración de potasio (%) indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se puede decir que los tratamientos se comportaron estadísticamente igual.

Los índices de balance fueron medidos para cada tratamiento y en la Fig.1, se puede observar que todos los tratamientos tienden un índice de balance normal pero los niveles van decreciendo desde agosto hasta enero y empiezan a ascender en febrero del siguiente año. El Granupotasse mostró los índices de balance mas altos en todo el año e inclusive en la época de mayor demanda que es en verano. Estos resultados realzan la importancia de la nutrición bajo un esquema de manejo integrado a lo largo del ciclo de Flor-Cosecha para mantener un nivel adecuado de K en el árbol.

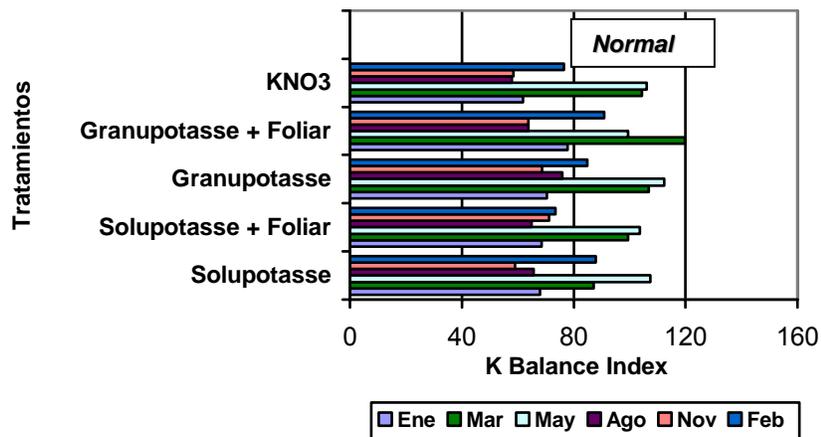


Figura 1. Balance Anual de K en las Hojas de Aguacate. Enero 2004-Febrero 2005.

EL ANVA del monitoreo sistemático del K con análisis de savia revelan que diferencias significativas entre los tratamientos. Siendo el tratamiento 2 el que supera a todos los demás tratamientos.

La Fig.2, muestra el contenido de K en la savia en cada uno de los tratamientos, siendo el tratamiento de Solupotasse + Solupotasse Foliar el que contiene los niveles mas altos de K en las hojas con 2241 ppm mientras que el tratamiento 5 (NO₃) fue el peor tratamiento con 1755 ppm de K en las hojas. También los tratamientos Solupotasse + Solupotasse Foliar y el Granupotasse mostraron una concentración de potasio arriba de 2000 ppm.

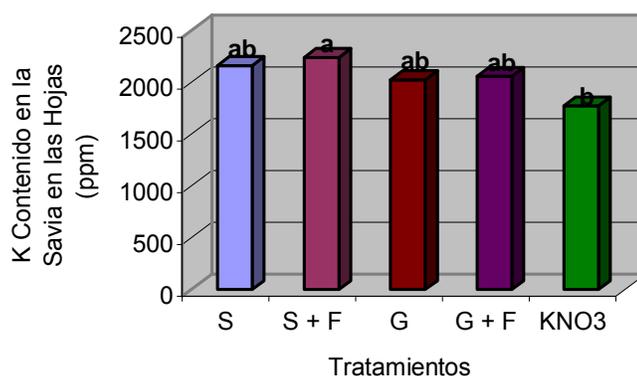


Figura 2. Promedio Anual de K Potasio Contenido en la Savia en Cinco Tratamientos en Aguacate. Enero -Diciembre del 2004.

Solución del Suelo

Los análisis de varianza de la concentración de potasio en el suelo nos indica que existe una diferencia altamente significativa en las repeticiones, lo cual indica que en las fechas de muestreo hay una alta disponibilidad de K en el suelo. Pero la verdadera importancia de estos análisis esta entre tratamientos en donde se obtuvo una diferencia significativa pero estos resultados deben tomarse con precaución, debido a lo alto del coeficiente de variación, originada por la variación en la disponibilidad de K en el suelo.

La Fig. 3, muestra la concentración de K en el suelo a una profundidad de 30 cm. El tratamiento 5 (KNO_3) y 3 (Granupotasse) muestran una mayor disponibilidad de K en el suelo con un promedio anual de 47 y 43 ppm, ambos tratamientos presentan una diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos. El tratamiento 4(Granupotasse+Foliar), tiene la mas baja disponibilidad de K con un promedio anual de K de 25 ppm. Los tratamientos 1 y 2, muestran un contenido de 32 y 29 ppm respectivamente.

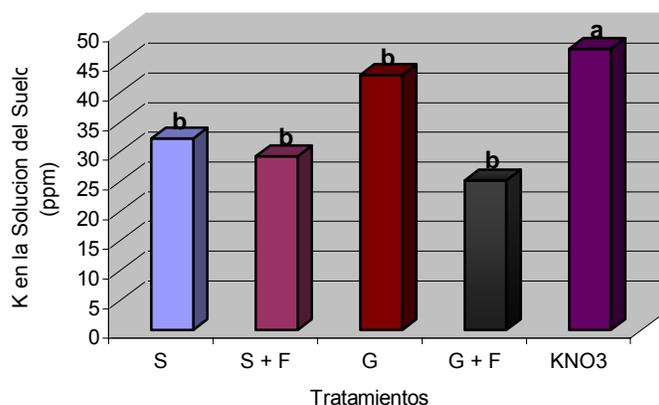


Figura 3. Promedio Anual de K Disponible en la Zona de las Raíces en Aguacate. Enero –Diciembre 2004.

Rendimiento de Fruto

Se han hecho dos cosechas a lo largo del año y toda la fruta analizada tenía un tamaño de 180 gr. En el ANVA de la cosecha, se tienen obtienen diferencias significativas. En la Fig. 4, se puede observar que el tratamiento en el que se obtuvo mas fruta fue El tratamiento 5 (KNO_3) superando a los demás tratamientos con 188.75Kg/árbol. Mientras que el Granupotasse + Solupotasse Foliar, Granupotasse y Solupotasse + Solupotasse Foliar se comportaron estadísticamente igual con valores promedio de 178, 118 y 160 Kg/árbol, respectivamente, mientras que el tratamiento con menor rendimiento de fruto fue el Solupotasse con 78 Kg/árbol .

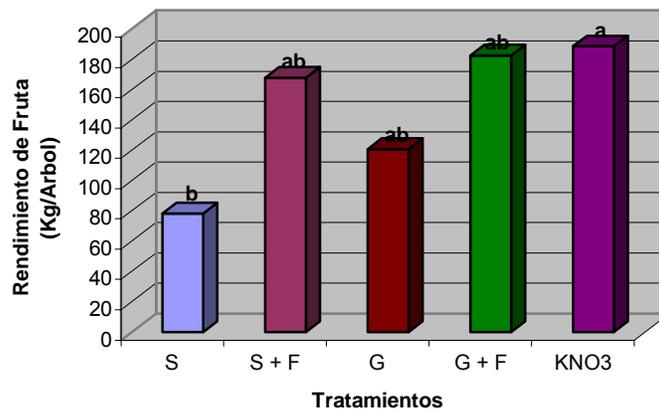


Figura 4. Producción de Fruta (>180 gr.) (Kg/árbol), en dos Cosechas, con Fertilización con Cinco Fuentes de K.

Materia Seca

La madurez del fruto fue analizado mediante análisis del % de la materia seca contenida en el fruto. En el ANVA se obtiene una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. La Fig. 5, indica que el tratamiento Solupotasse mostró los mas altos niveles de materia seca 29%, siendo estadísticamente diferente del resto de los tratamientos, sin embargo, todos los niveles de materia seca implican que la fruta es de buena calidad, buen tamaño, peso, es decir reúne todos los requisitos para ser consumido,. El Granupotasse y Granupotasse + Solupotasse Foliar, tuvieron un contenido del 26.1% y 25.9% de materia seca, mientras el solupotasse y el Nitrato de potasio tuvieron 25.6 y 24 % de materia seca en la fruta.

Los resultados obtenidos concuerdan con los revelados por Salazar y Lazcano (2001) ; quienes obtienen un contenido de materia seca (23.2%) en el cultivar "Hass".

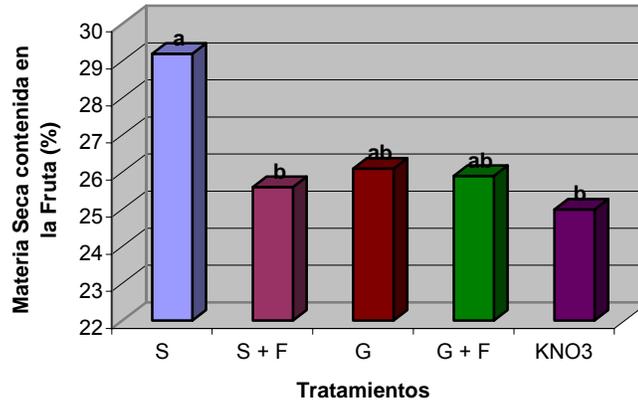


Figura 5. % de Materia Seca Contenida en el Fruto en la Fertilización con 5 Fuentes de Potasio en Aguacate.

La Fig.8, muestra la curva de demanda-disponibilidad de K a lo largo del 2004. Todos los tratamientos guardan similar comportamiento.

En ella se puede observar que la disponibilidad del K disminuye en el suelo a lo largo del año y el contenido de K en la savia disminuye. Esto significa que se incrementa el almacenamiento en verano para cubrir las demandas foliares de la segunda parte del año. El tamaño de fruta exige grandes cantidades de K por lo que esta exigencia se refleja más adelante con las bajas cantidades de K en la savia.

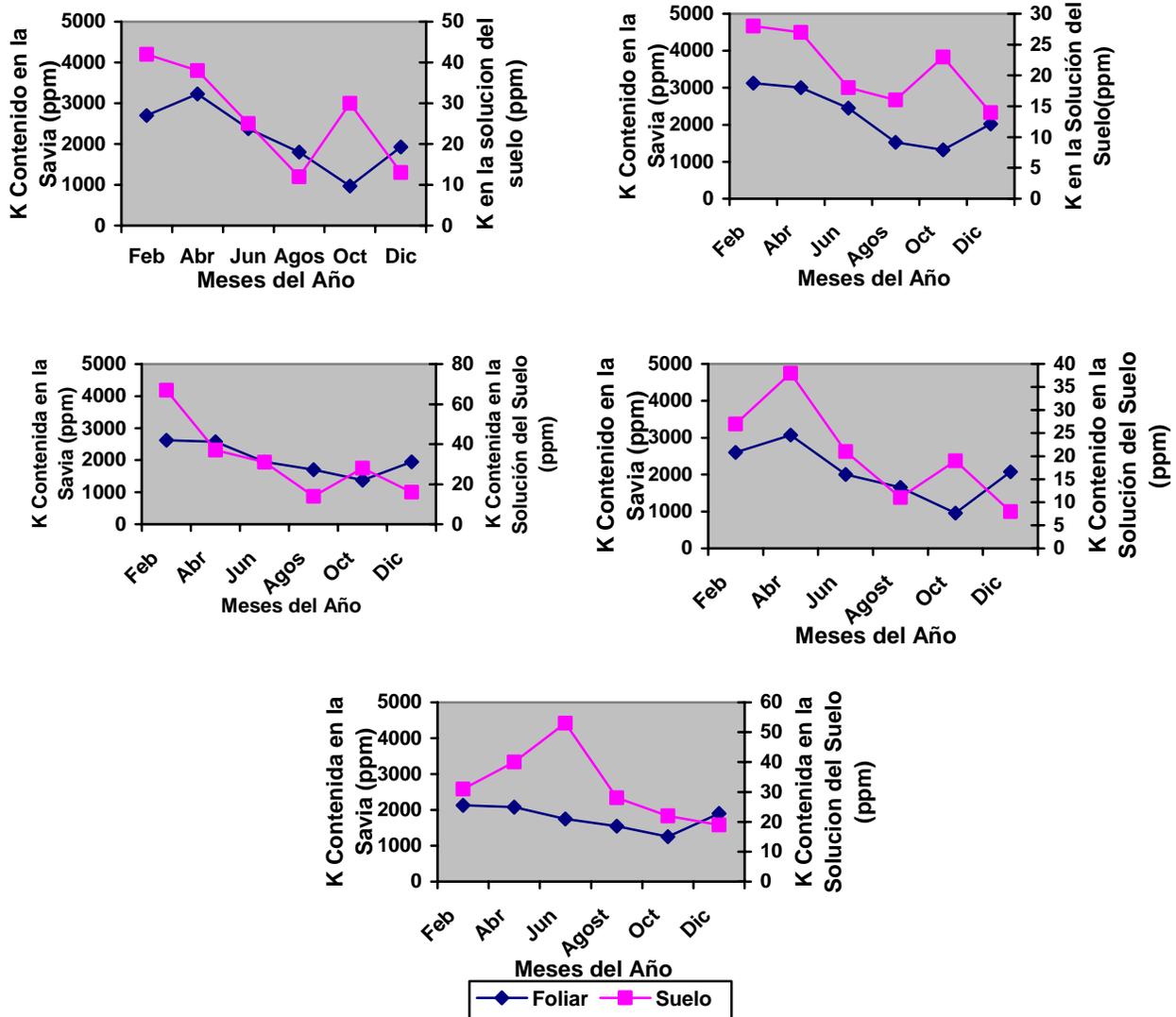


Figura 6 . Disponibilidad de K (ppm) en el Suelo y en la Savia en el 2004. Para los tratamientos Solupotasse (1), Solupotasse más el Solupotasse Foliar (2), Granupotasse (3), Granupotasse + Solupotasse Foliar y el Nitrato del potasio.

La contenido de K en la savia fue relacionada con la producción de fruta. La Fig. 7, muestra el contenido de K en la savia con los mejores niveles en junio. La ecuación cuadrática revela que el nivel óptimo en el contenido foliar de K es de 1570 ppm para el máximo rendimiento de fruta.

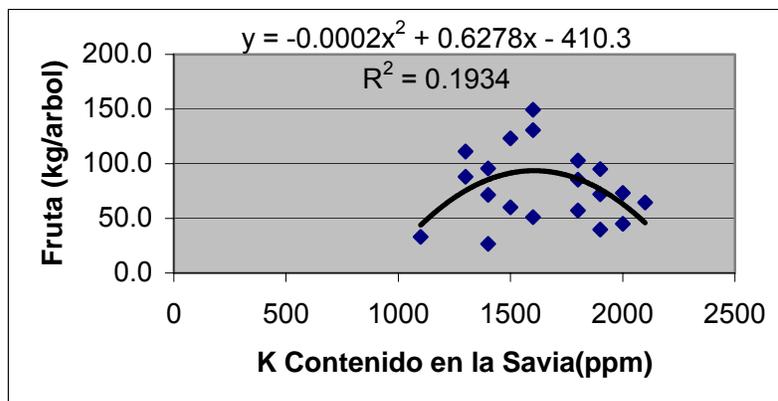


Figura 7. Correlación entre la Fruta Cosechada en el Año y el Contenido de K en la Savia en Junio del 2004.

El pH y la Conductividad Eléctrica (CE)

El pH del suelo puede afectar el crecimiento de las raíces de las plantas y los microorganismos en el suelo. El crecimiento de las raíces es favorecido en un pH neutro (7). Con la aplicación de Granupotasse y Solupotasse el pH no se altera, a pesar de que estos contienen azufre, por los que además de ser buenas fuentes de K, son fertilizantes de muy baja salinidad, estos resultados coinciden con lo reportado por Marchand (2004) en suelos agrícolas de Francia, quien reporta no alteración de las propiedades químicas originales del suelo por la aplicación de Solupotasse y Granupotasse al suelo. En este trabajo se encontró que el pH del suelo con la aplicación de estas fuentes llega a un rango de 6.8-7.1.

En el ANVA del pH de la Solución del Suelo se tienen diferencias significativas en los tratamientos siendo el tratamiento 2 (Solupotasse + Solupotasse Foliar) el que muestra un valor de 7.1 de pH (Cuadro 9).

La CE esta directamente relacionada con la concentración de sales solubles en el suelo. El ANVA de la Conductividad Eléctrica (CE) de la solución del suelo, nos revelan que se tiene una diferencia significativa entre los tratamientos.

El análisis de esta variable determinó que el tratamiento 5 presenta los valores mas altos de CE, por lo que se puede decir que el Granupoatsse y Solupotasse a pesar de mostrar valores mas altos de pH que el NKO_3 , no muestran un efecto salino, a diferencia del NKO_3 que muestra una CE de 0.69 por lo que se puede argumentar que este tratamiento puede causar un efecto salino en el suelo. En el Cuadro 9 se muestran los promedios de los valores encontrados a cada tratamiento para pH y CE de la solución del suelo.

Cuadro 9. Valores Medios de pH y CE Encontrados en la Solución del Suelo en Aguacate con Diferentes Fuentes de Potasio al Suelo.

TRATAMIENTO	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)
Solupotasse	6.97 a	0.38 ab
Solupotasse + Solupotasse foliar	7.12 ab	0.34 b
Granupotasse	6.91 ab	0.37 ab
Granupotasse + Solupotasse Foliar	6.88 ab	0.35 b
Nitrato de potasio	6.70 b	0.69 a

*Valores con la misma letra estadísticamente iguales Tukey 5%

CONCLUSIONES

- ▶ Las necesidades de K en el Aguacate Variedad “Hass”, varían a lo largo del año y las demandas mas fuertes se presentan en verano, los análisis muestran que los tratamientos: Solupotasse+Solupotasse Foliar y Granupotasse tiene los mas altos contenidos de K a lo largo del año incluyendo las épocas de mayor demanda.
- ▶ Los análisis de concentración de K en el suelo muestran que el KNO_3 es el que tiene una mayor concentración, lo que podría deducir que en este tratamiento es mas lentamente asimilable.
- ▶ Con el KNO_3 se obtuvo el mayor rendimiento con una media de 188.75 Kg/árbol, seguidos por el Granupotasse +Solupotasse Foliar y Solupotasse + Solupotasse Foliar con 182.75 y 167.94 Kg/árbol respectivamente.
- ▶ El cuanto a la calidad del fruto evaluada con el % de Materia Seca el Solupotasse, fue el que mostró el mas alto con el 29% y siendo el mas bajo con el 24.9% obtenido con el KNO_3 .
- ▶ Existe una relación estrecha entre Fuente–Necesidad a lo largo del año, por lo que se debe tomar en cuenta la importancia de proveer de fuentes de K al árbol en todo el año para lograr un contenido de 0.75% del contenido foliar.
- ▶ El aguacate es sensible a las sales por lo que para una optima concentración de nutrientes la CE debe ser menos de 1 dS/m. El Solupotasse y el Granupotasse son fuentes de potasio de baja salinidad a excepción del KNO_3 con los que se obtuvieron niveles más altos de CE.

BIBLIOGRAFIA

1. Avilán Rovira L., Chirinos A., Figueroa M. Exportación de Nutrientes por una Cosecha de Aguacate. (*Persea americana mill*). Revista Agronomía Tropical 28(5):449-46. Venezuela, 2005.
2. Avilán Rovira L., Figueroa M. Efecto de la Fertilización con Potasio en Aguacate (*Persea americana mill*) Cultivado en suelos de la Serie Maracy (Orden Entisol). Revista Agronomía Tropical 27(4): 473-481. Venezuela 2005.
3. Barcenas, O., Molina E., Huanosto M., Aguirre, P. Contenido de Macro y Microelementos en Hoja Flor y Fruto del Aguacate Hass de Uruapan Michoacán. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.
4. California Avocado comisión. Avocado. USA 2002.
<http://www.avocado.org/static/espanol/variedades.php?sd=acerca#haas>
5. Castañeda, A., Equihua, A., Váldez J., Barrientos, A., Ish, G. Insectos Polinizadores del Aguacatero en los Estados de México y Michoacán. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 129-136. México 1999.
6. Chirinos, H., Consideraciones Generales en la Fertilización del Aguacate. Boletín El aguacatero N° 16. México 2000. <http://www.aproam.com.mx/>
7. Cobos, C. Michoacán: Aumentó 10 por ciento Producción de Aguacate en 2004. Boletín Informativo Las buenas noticias también son Noticia. Presidencia de la Republica. México, 2005.
<http://presidencia.gob.mx/buenasnoticias/index.php?contenido=16269&pagina>
8. Claridades Agropecuarias. El Aguacate Mexicano .Revista Mensual. Numero 110. México, 2002.
9. Crane, J. H. Balerdi, C.F. y Campbell, C.W. The avocado. Circular 1034, one of a series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. First published as FC-3: March 1983. USA, 2001.
<http://edis.ifas.ufl.edu/MG213>.
10. Degani, C. El-Batsri, R. Hamo, M. Shaya F. Regev, I. Lahav. Autopolinización y Polinización Cruzada en el Aguacate. Congreso Mundial del Aguacate V. 2003. Resúmenes. A-23. pg. 96-97. Israel, 2003
11. Fersini, A., El cultivo del Aguacate. Editorial Diana. México 1982.
12. Figueroa, M., Castillo, A., Avitia, E., Tirado, J. Concentración Nutricional en Hojas e Inflorescencias de Tres Cultivares de Aguacatero. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.

13. Gallegos Espinosa R. Algunos Aspectos del Aguacate y su Producción en Michoacán.
14. Hermoso, J., Farré, J. Calidad del Fruto en una Colección de Cultivares. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.
15. Ibar L. Cultivo del Aguacate. Chirimoyo. Papaya. 3 era Edición. Editorial Aedos. Barcelona, España 1986.
16. Instituto de la Potasa y del Fósforo. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. México, 1997.
17. Marchal, J.: Aguacate. Pub. de Lavoisier. USA 1987.
18. Marchand M. 2004. Nutrición potásica en frutales y hortalizas. Ciclo de Conferencias en Fertirrigación. Tancítaro, Mich. INIFAP-Colegio de Bachilleres. Tancítaro, Mich. 12 p.
19. Martínez, G. El Aguacatero. Boletín N° 5. APROAM. México 1998. <http://www.aproam.com.mx/>
20. Mijares, P. , López, L. variedades de Aguacate y su Producción en México. CICTAMEX. Departamento de Fitotecnia. México, 1998.
21. Mills H.A. and J.B. Jones 1991. Plant analysis handbook II. MicroMacro Publishing Inc. Athens, GA USA 422 p.
22. Lahav, E., Kadman, A. Fertilización del Aguacate. INFOPOS. Suiza 1980.
23. Lahav, E. El Aguacate. Organización De Investigación Agrícola. El Centro De Volcani, Apuesta Dagan, Israel. Israel 2000.
24. Lamas, M., Neri, O., Sánchez, G. Producción de Aguacate Orgánico. PHC Información Técnica. Dirección de Análisis de Cadenas Productivas y Servicios Técnicos Especializados. FIRA. México 2003.
25. Palacios, A .J.M. 1986. Dinámica y Balance Nutrimental en Árboles de Aguacate cv Hass, con Alto y Bajo Rendimiento en la Región de Uruapan Mich. Tesis MC. Colegio de Postgrados. Chapingo México.

26. Avilán Rovira L., Chirinos A., Figueroa M. Exportación de Nutrientes por una Cosecha de Aguacate. (*Persea americana mill*). Revista Agronomía Tropical 28(5):449-46. Venezuela, 2005.
27. Avilán Rovira L., Figueroa M. Efecto de la Fertilización con Potasio en Aguacate (*Persea americana mill*) Cultivado en suelos de la Serie Maracy (Orden Entisol). Revista Agronomía Tropical 27(4): 473-481. Venezuela 2005.
28. Barcenas, O., Molina E., Huanosto M., Aguirre, P. Contenido de Macro y Microelementos en Hoja Flor y Fruto del Aguacate Hass de Uruapan Michoacán. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.
29. California Avocado comisión. Avocado. USA 2002.
<http://www.avocado.org/static/espanol/variedades.php?sd=acerca#haas>
30. Castañeda, A., Equihua, A., Váldez J., Barrientos, A., Ish, G. Insectos Polinizadores del Aguacatero en los Estados de México y Michoacán. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 129-136. México 1999.
31. Chirinos, H., Consideraciones Generales en la Fertilización del Aguacate. Boletín El aguacatero N° 16. México 2000. <http://www.aproam.com.mx/>
32. Cobos, C. Michoacán: Aumentó 10 por ciento Producción de Aguacate en 2004. Boletín Informativo Las buenas noticias también son Noticia. Presidencia de la Republica. México, 2005.
<http://presidencia.gob.mx/buenasnoticias/index.php?contenido=16269&pagina>
33. Claridades Agropecuarias. El Aguacate Mexicano .Revista Mensual. Numero 110. México, 2002.
34. Crane, J. H. Balerdi, C.F. y Campbell, C.W. The avocado. Circular 1034, one of a series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. First published as FC-3: March 1983. USA, 2001.
<http://edis.ifas.ufl.edu/MG213>.
35. Degani, C. El-Batsri, R. Hamo, M. Shaya F. Regev, I. Lahav. Autopolinización y Polinización Cruzada en el Aguacate. Congreso Mundial del Aguacate V. 2003. Resúmenes. A-23. pg. 96-97. Israel, 2003
36. Fersini, A., El cultivo del Aguacate. Editorial Diana. México 1982.
37. Figueroa, M., Castillo, A., Avitia, E., Tirado, J. Concentración Nutricional en Hojas e Inflorescencias de Tres Cultivares de Aguacatero. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.

38. Gallegos Espinosa R. Algunos Aspectos del Aguacate y su Producción en Michoacán.
39. Hermoso, J., Farré, J. Calidad del Fruto en una Colección de Cultivares. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate. España 2003.
40. Ibar L. Cultivo del Aguacate. Chirimoyo. Papaya. 3 era Edición. Editorial Aedos. Barcelona, España 1986.
41. Instituto de la Potasa y del Fósforo. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. México, 1997.
42. Marchal, J.: Aguacate. Pub. de Lavoisier. USA 1987.
43. Marchand M. 2004. Nutrición potásica en frutales y hortalizas. Ciclo de Conferencias en Fertirrigación. Tancítaro, Mich. INIFAP-Colegio de Bachilleres. Tancítaro, Mich. 12 p.
44. Martínez, G. El Aguacatero. Boletín N° 5. APROAM. México 1998. <http://www.aproam.com.mx/>
45. Mijares, P. , López, L. variedades de Aguacate y su Producción en México. CICTAMEX. Departamento de Fitotecnia. México, 1998.
46. Mills H.A. and J.B. Jones 1991. Plant analysis handbook II. MicroMacro Publishing Inc. Athens, GA USA 422 p.
47. Lahav, E., Kadman, A. Fertilización del Aguacate. INFOPOS. Suiza 1980.
48. Lahav, E. El Aguacate. Organización De Investigación Agrícola. El Centro De Volcani, Apuesta Dagan, Israel. Israel 2000.
49. Lamas, M., Neri, O., Sánchez, G. Producción de Aguacate Orgánico. PHC Información Técnica. Dirección de Análisis de Cadenas Productivas y Servicios Técnicos Especializados. FIRA. México 2003.
50. Palacios, A .J.M. 1986. Dinámica y Balance Nutricional en Árboles de Aguacate cv Hass, con Alto y Bajo Rendimiento en la Región de Uruapan Mich. Tesis MC. Colegio de Postgrados. Chapingo México.
51. Peña, J. Insectos Polinizadores de Frutales Tropicales. Foro. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 69 p. 6-20, Costa Rica 2003
52. Rodríguez Suppo F. El Aguacate. AGT Editor. México 1982.

53. Salazar García S. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. INIFAP. México 2002.
54. Salazar García S., Lazcano-Ferrat I. Diagnostico Nutricional del Aguacate "Hass Bajo Condiciones de Temporal. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:173: 184. México 1999
55. Salazar, S., Lazcano, I. Identifying Fruit Mineral Removal Differences in Four Avocado Cultivars. Better Crops International 15(1): 28-31. México 2001.
56. Sánchez, J. Recursos Genéticos de Aguacate (Pesea americana Mill) y Especies Afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 7-18. México, 1999.
57. Sánchez J., Alcantar J., Coria V. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. INIFAP. México, 2000.
58. Sánchez , G., Ramírez, P. Fertilización y Nutrición del Aguacatero. El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi Pesa. México 2000.
59. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura. Detalle Agrícola. Cultivos Perennes. Aguacate ciclo 2004. SAGARPA, México 2005. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comagr2c.html
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/modelos/Pronosticos/proagupnn.pdf>
60. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Infomer Análisis de Mercado, Aguacate. México, 2002.
<http://www.siap.sagarpa.gob.mex/infOMer/analisis/avocado.html>
61. Tapia V. L.M., J. Anguiano C., A. Larios G., A. Vidales F., M. Gallardo V. 2005. Nutrición integral Balanceada del Aguacate (NIBA) v. 1.1. INIFAP-SAGARPA. Tríptico 10. Uruapan, Mich.

APÉNDICE

ANVA de los Análisis de la Concentración Foliar de K (%).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F
Rep	5	2.244	0.448	37.09 **
Trat	4	0.108	0.027	2.24 n.s.
Error	20	0.242	0.012	
Total	29	2.595		
CV (%) = 10.1				

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.

ANVA del K Disponibles en la Solución del Suelo.

Fuente de Variación	Gl	Suma de cuadros	Cuadrados medios	F
Rep	27	142727.3	5286	6.5 **
Trat	4	9772.9	2443	3.0 *
Error	108	87989.9	814.7	
Total	139	240490.1		
CV (%) = 80.2				

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.

ANVA de los Análisis de K en la Savia.

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados	F
Rep	231	40259876.7	1750429.4	6.2 **
Trat	4	3026908.3	756727.1	2.7 *
Error	92	25772531.7	280136.2	
Total	119	69059316.7		
C.V (%) = 25.8				

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.

ANVA de la Producción de Fruta por árbol (Kg/árbol) .

Fuente de Variación	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Rep	3	12477.6	4159.2	1.86**
Trat	4	35381.3	8845.3	3.96*
Error	12	26816.7	2234.7	
Total	19	74675.7		
C.V. = 31.99				

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.

ANVA de la CE de los Tratamientos con Fertilización con Cinco Fuentes de K.

FUENTE VARIACIÓN	DE	GL	SUMA CUADRADOS	DE	CUADRADOS MEDIOS	F
Rep		23	4.40		0.19	1.27 n.s
Trat		4	2.05		0.51	3.40 *
Error		92	16.16		0.17	
Total		112	24.29			
CV (%) = 90.8		90.8				

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.

ANVA del pH de los Tratamientos con Fertilización con Cinco Fuentes de K.

FUENTE VARIACIÓN	DE	GL	SUMA CUADRADOS	DE	CUADRADOS MEDIOS	F
Rep		23	5.92		0.25	1.47n.s
Trat		4	2.20		0.55	3.13*
Error		92	16.16		0.17	
Total		112	24.29			
CV (%) = 6.0						

*, ** Diferencia significativa según $p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente; ns: diferencia no significativa $p > 0.05$.