



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Efecto de la fertilización orgánica en la
producción de frutos y disminución de
antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus
tangüelo* J.W. Ingram & H.E. Moore y *Citrus
aurantifolia* Christm Swingle.**

Clara Inés Melo Cerón

Universidad Nacional de Colombia
Facultad De Ciencias Agropecuarias
Sede Palmira

2014

**Efecto de la fertilización orgánica en la producción
de frutos y disminución de antracnosis
(*Colletotrichum* spp) en *Citrus tangüelo* J.W.
Ingram & H.E. Moore y *Citrus aurantifolia* Christm
Swingle.**

Clara Inés Melo Cerón

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Ciencias Agrarias

Directora:

(Ph.D.), Elena Velásquez Ibáñez.

Codirector:

(Ph.D.), Patrick Lavelle.

Línea de Investigación en Suelos

Universidad Nacional de Colombia
Facultad De Ciencias Agropecuarias,
Sede Palmira

2014

ACTA DE SUSTENTACION

“La Facultad y los jurados de la tesis
no se harán responsables de las
ideas emitidas por el autor”

Artículo 24, Resolución 04 de 1974.

Dedicatoria

A mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A toda mi familia, especialmente a mi madre Rovira Cerón, mis padres Carlos Melo y †Alfonso Melo, mi esposo Luis Andrade, mi hija Alejandra Andrade, mis hermanos, mis sobrinos y mis abuelitos. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. ¡Gracias a ustedes!

Si se siembra la semilla con fe y se cuida con perseverancia, sólo será cuestión de tiempo recoger sus frutos.

Thomas Carlylert

Agradecimientos

Expreso mis sinceros agradecimientos a:

A la doctora Elena Velásquez Ibáñez, docente de la Universidad Nacional, por su colaboración en todas las fases de la investigación y apoyo incondicional.

Al doctor Patrick Lavelle, profesor emérito de la Universidad Paris VI Francia por su asesoría y compartir sus conocimientos.

Al señor Alfonso Arguello y Martha Vélez, por facilitar su predio para llevar a cabo la investigación.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira por la colaboración de personal calificado y por brindar instalaciones y equipos para realizar todas las pruebas necesarias para el desarrollo de esta investigación.

A la profesora Sara Mejía, por su colaboración en los análisis de laboratorio de Fisiología Vegetal.

Al profesor Carlos Huertas, por su asesoría en los procesos de identificación de enfermedades en el cultivo.

Al profesor Herney Darío Vásquez, por sus indicaciones para la evaluación de variables en los cultivos.

Al profesor Juan Carlos Menjivar, por su colaboración en la interpretación de los análisis químicos de suelo.

Resumen

Se compararon la producción y la calidad de frutos de cítricos y la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en un sistema de fertilización bio orgánica (FBO) y dos prácticas basadas en el uso de fertilizantes químicos, siguiendo las recomendaciones empíricas del productor o midiendo las necesidades a partir de análisis químicos del suelo. El método FBO asocia en zanjas de 1.5m de largo, 40cm de profundidad y 20cm de ancho un trabajo físico limitado del suelo, el aporte de dos fuentes de materia orgánica, una de lenta, la otra de rápida, descomposición y la inoculación de lombrices nativas endógenas. Los cultivos de 12 años de establecidos producían tangelo orlando (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf) y limón común (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle). En un diseño de bloques completos al azar se evaluaron en tres épocas (a los 0, 6 y 12 meses) las variables químicas, físicas y biológicas relevantes para detectar cambios en la calidad del suelo.

Se evaluaron para cada árbol el peso y el número de frutos, la calidad (grados Brix, % de acidez e índice de madurez) y el % de incidencia de antracnosis en cada árbol. El método FBO sostuvo la producción al nivel de los tratamientos convencionales y mejoró significativamente la calidad física, química y biológica del suelo. Son particularmente notables un aumento de 12.0% de la porosidad (de 54.33% a 67.66%) y una multiplicación por 5 de la densidad de lombrices (de 396 a 1652).

La antracnosis varió mucho entre los bloques de firma que los valores menores en el tratamiento FBO no llegaron a ser significativos en el tiempo que duró el experimento. Se concluye que el método FBO es recomendable porque utiliza recursos presentes en la finca para la fertilización, reconstituye la calidad del suelo y asegura una transición hacia la producción orgánica sin pérdida de producción.

El costo de 240 pesos por kg producido aunque mucho más alto que el del método convencional, sigue permitiendo una producción rentable, especialmente si el precio del producto (936 y 1491 pesos el kg para limón y tangelo) se aumenta con una certificación orgánica. Por otra parte, se podría reducir mucho el costo de mano de obra con la mecanización del trabajo para la preparación de las zanjas que representó 30% del costo total.

Palabras clave: FBO, Macrofauna, calidad del suelo, tratamientos, cítricos.

Abstract

We compared the production and quality of citrus fruits and incidence of anthracnose (*Colletotrichum spp*) with bio organic fertilization (FBO) and two practices based on the use of chemical fertilizers, one following the empirical recommendations of the producer the other one meeting exact plant requirements calculated from chemical soil analyses. The FBO method associates two sources of organic matter, one slow- the other fast decomposing, with inoculation of endogeic native earthworms in trenches 1.5m long, 40cm deep and 20cm wide where soil has been. Cultures established 12 years ago were producing orlando tangelo (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf) and common lime (*Citrus aurantifolia* Christm . Swingle). In a complete randomized block design we evaluated in three occasions (at 0, 6 and 12 months) the relevant chemical, physical and biological variables to detect changes in soil quality.

We evaluated for each tree the weight and number of fruits and their quality (Brix , % acidity and maturity index) and % of incidence of anthracnose in each tree. The FBO method sustained production at the level of the best conventional treatment and significantly improved physical , chemical and biological soil quality. Particularly notable were 12.0% increase in porosity (that increased from 54.33% to 67.66%), and multiplication by 5 of the density of earthworms (from 54.33% to 67.66%).

Anthracnose varied greatly among the blocks and generally lower values in the FBO treatment did not happened to be significant in the time that lasted the experiment. We conclude that the FBO method is recommendable because it uses organic resources from the farm for fertilization, improves soil quality and ensures a transition to organic production without any loss in fruit production and quality.

The associated cost of 0,12 US\$ per kg produced was much higher than that of the conventional method, but still allowed a profitable production , especially considering that the price of the product (0,48 y 0,77 US\$ per kg for lemon and tangelo) would greatly increase with an organic certification. Moreover, it is possible to greatly reduce the cost of labor with an adapted mechanization of trench digging that represented 30% of the total cost .

Keywords: FBO, Macrofauna , soil quality , treatments, citrus

Contenido

	Pág.
Resumen	XIII
Lista de figuras	XVII
Lista de tablas	XIX
Introducción	1
1. Objetivos	5
1.1 Objetivo General.....	5
1.2 Objetivos Específicos.....	5
2. Marco Conceptual	7
2.1 Generalidades de la producción de cítricos a nivel mundial y de Colombia	7
2.2 Manejo orgánico en el suelo	10
2.3 Comportamiento de antracnosis (<i>Colletotrichum spp</i>) en los cítricos	11
2.4 La materia orgánica y las lombrices en el ciclo de los nutrientes	14
2.5 Fertilización Bio-Orgánica (FBO)	16
3. Metodología	17
3.1 Localización del experimento.....	17
3.2 Establecimiento del experimento	18
3.2.1 Aplicación de la técnica FBO asociada a plantas de Cítricos	19
3.2.2 Aplicación fertilización tradicional (Manejo del productor)	20
3.2.3 Fertilización Alternativa Basada en el análisis de suelo.....	21
3.3 Evaluaciones	22
3.3.1 Análisis químico del suelo	22
3.3.2 Análisis físico del suelo	22
3.3.3 Diversidad y abundancia de macrofauna en el suelo	23
3.3.4 Morfología del suelo.....	24
3.3.5 Rendimiento de frutos	24
3.3.6 Grados brix, acidez total titulable e Índice de Madurez.....	24
3.3.7 Evaluaciones realizadas para determinar porcentaje de incidencia de Antracnosis <i>Colletotrichum spp</i> en los dos cultivos	25
3.4 Análisis de la Información	27
4. Resultados y Discusión	29
4.1 Análisis de propiedades físicas del suelo.....	29
4.2 Análisis de propiedades químicas del suelo.....	35
4.3 Morfología del suelo	35
4.4 Macrofauna del suelo	39
4.5 Producción de frutas y calidad del producto.....	42
4.5.1 Cultivo de tangelo	43
4.5.2 Cultivo de limón.....	47
4.5.3 Relación entre antracnosis y producción	53
4.6 Discusión	54

5. Conclusiones.....	60
Anexos.....	61
Bibliografía	71

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1: Ubicación geografica de la finca	17
Figura 3-2: Diseño Experimental, Distribucion de los tratamientos en campo.	18
Figura 3-3: Esquema del F.B.O. en cada parcela	19
Figura 3-4: Aplicación de fertilizante de una mezcla de 18-18-18+Agrimins.	20
Figura 3-5: Aplicación de fertilizante de una mezcla de 17-6-18-2+urea.	21
Figura 3-6: Esquema para la determinacion del agente causal de antracnosis.	26
Figura 3-7: Sistema de muestreo para calcular porcentaje de incidencia de antracnosis.	27
Figura 4-1: ACP para las variables Físicas del suelo para los dos cultivos, las tres épocas y los cuatro bloques (Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; W: Humedad gravimétrica; θ : Humedad volumétrica; Π : porosidad; RTC: Resistencia tangencial al corte).....	33
Figura 4-2: ACP para las variables Físicas del suelo en el cultivo de limón, en la época tres (Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; W: Humedad gravimétrica; θ : Humedad volumétrica; Π : porosidad; RTC: Resistencia tangencial al corte).....	33.
Figura 4-3: Boxplot para las variables Da: Densidad aparente; W: Humedad gravimétrica; Π : porosidad y RTC: Resistencia tangencial al corte; en el cultivo de tangelo durante las épocas una y tres.....	34.
Figura 4-4: Morfología del suelo para los dos cultivos. Agregados según su origen Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (R); otros constituyentes: Invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).....	38
Figura 4-5: Morfología del suelo para el cultivo de limón en tres épocas. Agregados según su origen Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (R); otros constituyentes: Invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).....	38

Figura 4-6: Morfología del suelo para el cultivo de limón en la época tres. Agregados según su origen Biogenicos (AB), Físicos (AF), Raíz (R); otros constituyentes: Invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar.....	39
Figura 4-7: Densidad Macrofauna del suelo (individuos/m ²) para el cultivo de tangelo en las tres épocas.....	41
Figura 4-8: Densidad Macrofauna del suelo (individuos/m ²) para el cultivo de tangelo en la época 2.....	42
Figura 4-9: Distribución de la acidez en frutos maduros (color 4) entre los tratamientos a los doce meses (diferencia significativa indicada por letras diferentes, $p < 0,05$)	46
Figura 4-10: Distribución del índice de madurez en frutos de color 5 entre los tratamientos y bloques (1;2;3;4) a los 12 meses de experimentación.....	46
Figura 4-11: Distribución de Antracnosis por bloque.....	47
Figura 4-12: Distribución de los valores de grados brix en frutos de limón entre los tratamientos a los seis meses de la experimentación	50
Figura 4-13: Distribucion de los grados brix color de fruto 3 y la interaccion tratamiento por bloque para la epoca 2.....	50
Figura 4-14: Variacion del numero de los frutos producidos entre los tratamientos a los 12 meses de la experimentacion.....	52
Figura 4-15: Distribucion del porcentaje de acidez color de fruto 3 para interaccion.tratamiento por bloque epoca 3	52
Figura 4-16: Relacion del % de incidencia de antracnosis con la produccion para tangelo.....	53
Figura 4-17: Relacion del % de incidencia de antracnosis con la produccion para limon	54

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Ciclo de vida de los cítricos.	8
Tabla 3-1: Determinaciones y métodos para el análisis químico de suelos.	22
Tabla 3-2: Determinaciones y métodos para el análisis físico de suelos.	23
Tabla 4-1: Variables físicas del suelo en las diferentes épocas de la experimentación en el cultivo de tangelo	32
Tabla 4-2: Promedios de análisis físicos del suelo para las diferentes épocas en el cultivo de limón.....	33
Tabla 4-3: Diferentes constituyentes en un bloque de suelo para los cultivos de tangelo y limón: Agregados según su origen Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (R); otros constituyentes: Invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar:.....	36
Tabla 4-4: Densidad (individuos/m ²) de macrofauna del suelo en el cultivo de limón	37
Tabla 4-5: Densidad (individuos/m ²) de macrofauna del suelo en el cultivo de tangelo	39
Tabla 4-6: Calidad y cantidad (numero y peso) e incidencia de antracnosis (%) de los frutos de tangelo producidos.	43
Tabla 4-7: Calidad y cantidad (numero y peso) e incidencia de antracnosis (%) de los frutos de limón producidos.....	43
Tabla 4-8: Parámetros de producción, calidad de los frutos de tangelo y antracnosis en el tiempo cero.....	43
Tabla 4-9: efecto de los tratamientos de los bloques y de su interacción sobre los parámetros de producción , calidad de los frutos tangelo y antracnosis a los seis meses de experimentación	44

Tabla 4-10: variación entre los bloques de los valores promedios de la incidencia de la antracnosis en tangelo a los seis meses de la experimentación; (test ANOVA; $p=0,016$)	45
Tabla 4-11: Efecto de tratamientos, bloques y su interacción sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de tangelo y antracnosis a frutos de a los doce meses de experimentación.	45
Tabla 4-12: Parámetros de producción, calidad de los frutos de limón y antracnosis en el tiempo cero.....	48
Tabla 4-13: Comparación de la incidencia de antracnosis entre los bloques del cultivo de limón (prueba Duncan. Tratamiento con letras de diferentes son diferentes $p=0,016$) ,	48
Tabla 4-14: efecto del tratamiento en la época dos sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de limón en la incidencia de la antracnosis	49
Tabla 4-15: Prueba de rango múltiple de Duncan para porcentaje de acidez en limones maduros (color 3) a los seis meses de experimentación	51
Tabla 4-16: Efecto del tratamiento en la época tres sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de limón y antracnosis.....	51
Tabla 4-17: Prueba de rango múltiple de Duncan para % de incidencia de antracnosis en los diferentes bloques; época tres	53

Introducción

En Colombia los cítricos se encuentran distribuidos en toda la geografía nacional, cultivándose desde el nivel del mar hasta los 2.200 msnm, en diversas condiciones de clima y suelos (ICA 2002). Este cultivo ha tomado en la última década una destacada importancia social y económica; sin embargo, su rendimiento se ha visto afectado por algunas enfermedades generando serios problemas en regiones con características de clima tropical y subtropical (Álvarez *et al*, 2006).

Los sistemas de producción actualmente utilizados necesitan aportes importantes de fertilizante químico y de plaguicidas. El informe Millenium Ecosystem Assessment (2005) entre otras publicaciones ha mostrado que este tipo de agricultura heredado de la llamada “revolución Verde” tiene graves consecuencias sobre la calidad del suelo y la sostenibilidad de su uso. Se estima que 1% de los suelos agrícolas están en estado de degradación avanzada y también se evaluó que 50 a 100 Pg de C de los 4000 almacenados en el suelo se han trasladado a la atmosfera en forma de gases con efecto de invernadero (Lal, 2013). Para evitar una degradación adicional de los suelos y enfrentarse a la escasez al encarecimiento previsible de los agroquímicos, la agricultura del futuro tendrá que ser agroecológica utilizando abonos orgánicos producidos en la finca o reciclados de la industria alimenticia y asociando de una forma más adecuada a los microorganismos e invertebrados del suelo que naturalmente sostienen la producción y limitan las enfermedades de las plantas, (Altieri, 1999). El tipo de suelo viviente saludable que se requiere para soportar al hombre hoy y en el futuro, deberá ser balanceado en nutrientes y de alto contenido de humus y con gran diversidad de organismos de suelo, para producir plantas saludables con mínima presión de malezas, enfermedades e insectos plagas. Para lograr esto, se debe trabajar con procesos naturales y las funciones óptimas para sustentar los terrenos agrícolas (Sullivan, 2007).

Los cítricos se originaron hace 20 millones de años en las regiones tropicales y subtropicales del sur-este Asiático. De allí pasaron a la China, India, Medio Oriente y Europa. En Américas fueron introducidos por Cristóbal Colon en su segundo viaje (1493). A Colombia llegaron con los españoles (Alonso de Ojeda) a la costa Atlántica y se distribuyeron por todo el territorio a lo largo del río Magdalena. (Amortegui, 2001).

Colombia ocupa el puesto 30, con una participación del 0,3% en el mundo en producción de cítricos, los primeros lugares los ocupan Brasil(22%),E.E.U (16%), China (12%), México (9%) y España(5,5), los cuales representan más del 50% de la participación mundial con el 64,5%. Los datos más aproximados indican que en Colombia el área sembrada se encuentra alrededor de las 62.980 hectáreas, para una producción cercana a un millón de toneladas de fruta fresca (FAO, 2008).

Los cítricos en Colombia participan con 30.95% del área sembrada en frutales, con 1.78% del área sembrada en cultivos permanentes y con 1.1% del área total sembrada en el país. Es claro que si bien los cítricos no participan de manera importante en el área total sembrada en el país, sí es evidente su importancia dentro del grupo de los frutales. Adicionalmente se estima que el sector genera aproximadamente 30.000 empleos,(Acuerdo de Competitividad Regional, Cadena Productiva Citricultura Tropical de Montaña Centro Occidente, 2002).

La fertilización es una práctica imprescindible para lograr buenas producciones, sobre todo cuando se emplean variedades para tecnología intensiva. La nutrición no se puede ver solamente como el simple hecho de incorporar abono al suelo, independientemente de su origen, o de realizar una aplicación foliar, sino que constituye un sistema complejo en el que intervienen diferentes factores(La calidad química, física y biológica del suelo). Lo más importante que debe entender el productor es que una planta correctamente nutrida tendrá mejor producción y será más tolerante a los problemas de plagas y enfermedades y que el exceso o déficit de nutrientes puede contribuir a la atracción de ciertas plagas (Vázquez, 2007).

En la fertilización de los cítricos se enfatiza el suministro de N, P y K, debido a que los resultados de investigación conducida en todo el mundo han encontrado que estos nutrientes son los que más influyen en el rendimiento y calidad de la fruta. La respuesta al P es escasa en naranja, por lo que la dosis de este elemento generalmente es baja y su aplicación se concentra en los primeros años de crecimiento vegetativo. La sugerencia para fertilización en el cultivo de limón es 100 Kg/ha de N, 40 Kg/ha de P y 80Kg/ha de K y para Naranja 200 Kg/ha de N, 50 Kg/ha de P y 200Kg/ha de K (Molina,1998).

Este cultivo ha tomado en la última década una destacada importancia social y económica; sin embargo, su rendimiento se ha visto afectado por la enfermedad antracnosis(*Colletotrichum spp*) que es considerada un serio problema en regiones con características de clima tropical y subtropical (Álvarez *et al*, 2006).

Esta enfermedad es endémica y puede afectar todas las variedades de cítricos, siendo más severa en variedades que tienen floración abundante o florecen frecuentemente fuera de época. Esta enfermedad se ve favorecida por las condiciones predominantes de clima cálido húmedo y muy húmedo. El efecto de la antracnosis sobre la planta está relacionada con la caída prematura de flores, frutos y reducción de la lamina foliar, lo cual puede reducir en un 50% la producción (Silva, 2010)

Una alternativa posible para controlar plagas y enfermedades es el manejo integrado de plagas. Este se define como una herramienta sustentable para combatir patógenos, mediante la combinación de métodos biológicos, culturales, físicos y biológicos que minimice los riesgos económicos, de salud y ambientales (Hollier, 2004). El manejo integrado de antracnosis contempla el uso de los diferentes métodos de control apoyado por el conocimiento del cultivo (susceptibilidad a la enfermedad, interacción con el portainjerto, fenología, órganos afectados y edad del huerto), de la enfermedad (especie del hongo, ciclo de la enfermedad, reproducción, diseminación, período de incubación, fuente de inóculo y sobrevivencia) y del clima (precipitación, temperatura, rocío, radiación solar y humedad relativa).El control químico es la alternativa más común y eficaz para reducir los daños ocasionados; sin embargo, para obtener mejores resultados, el uso de fungicidas debe ser apoyado con algunas prácticas culturales como son:

poda, adelanto de brotes vegetativos e inducción de floración, manejo del riego, fertilización y cosecha oportuna de la fruta (Medina *et al.*, 2001)

Este proyecto propone una alternativa bio-orgánica como método de fertilización para los cítricos, donde se utiliza material vegetal de lenta y rápida descomposición, y lombrices de las especies *Pontoscolex corethrurus* y *Amyntas corticis*. Las lombrices de tierra intervienen en la aireación e infiltración del suelo, proporcionan materia orgánica disponible y modifican el ambiente para otros organismos; es decir permiten mejorar la calidad física, química y biológica del suelo, donde se fortalece el vigor de las plantas y se genera resistencia a plagas y enfermedades.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del método patentado “Fertilización Bio Orgánica” FBO, sobre la producción de frutos y el control de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm, Swingle.

1.2 Objetivos Específicos

Determinar el impacto del método FBO, sobre la calidad del suelo y el control de la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum spp*) en plantas de *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm, Swingle

Evaluar el efecto del método FBO, sobre la producción de frutos en plantas de *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm, Swingle.

2. Marco Conceptual

Los cítricos son cultivos permanentes y en general tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y de suelo, facilitando su cultivo en un gran número de países. Sin embargo, su sistema radical es muy superficial y la capacidad de absorción de nutrientes es pobre debido a que poseen un limitado número de pelos radicales. Por esta razón, las características físicas del suelo son de gran importancia para el cultivo. Los cítricos prefieren los suelos ligeros, de textura franco arenosa, franca o franco arcillosa, con buen drenaje y aireación. Los suelos de textura pesada o arcillosa, que generalmente tienen limitaciones de drenaje, no son aptos para los cítricos y están asociados con problemas de crecimiento y proliferación de enfermedades radicales (Molina, 1998).

Algunos estudios han mostrado cómo el cambio de un manejo orgánico del suelo hacia el uso de fertilizantes químicos, ha incrementado el potencial de ciertos insectos plaga y enfermedades. Nuevas investigaciones demuestran que la habilidad de un cultivo de resistir o tolerar al ataque de insectos plagas y enfermedades, está ligado a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo. Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección. Por otro lado, las prácticas agrícolas que causan desequilibrios nutricionales bajan la resistencia de las plantas a plagas (Magdoff *et al.*, 2000).

2.1 Generalidades de la producción de cítricos a nivel mundial y de Colombia

Los cítricos pertenecen a la clase Angiospermae, a la subclase Dicotiledónea, al orden Rutae, a la familia Rutaceae y al género Citrus, Los géneros más importantes son el Citrus, Poncirus y Fortunelta. Al género Citrus, y subgénero Eucitrus, pertenecen las

principales especies cultivadas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, 2005). Los cítricos son cultivos permanentes y en general tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, facilitando su cultivo en un gran número de países, aunque las regiones productoras por excelencia han sido localizadas en el continente americano y en el occidente del continente Europeo.

Los cítricos tienen una longevidad muy variable, que oscila entre los 30 y 40 años, pasando por varias etapas (Tabla 2-1), Desde luego que en la duración de estas etapas influyen diversas variables como la ubicación tropical o subtropical, la especie, variedad o híbrido, la oferta agroecológica de la zona y el manejo agronómico del cultivo (Amortegui, 2001).

Tabla 2-1 Ciclo de vida de los cítricos [8]

Desarrollo en vivero	De 1 a 3 años
Desarrollo del árbol joven	De 2 a 5 años
Desarrollo de la producción	De 3 a 7 años
Período de plena producción	De 8 a 20 años
Período de envejecimiento y muerte	De 20 a 40 años

Los cítricos están dentro del grupo de frutales más cultivados y de mayor demanda en el mundo, debido a la calidad organoléptica y nutritiva de sus frutos. Su alto contenido de vitaminas, A, B1, B2, B6, ácido cítrico, lípidos y minerales como potasio, fósforo, azufre, magnesio, calcio, cloro y su contenido de fibra dietética, les confiere un importante valor como alimento funcional para los seres humanos (López y Cardona, 2007).

Del total del área nacional cultivada con cítricos, 42,8% es tecnificada con un rendimiento máximo de 40 t/ha y el 57,2% restante corresponde a cultivo tradicional con un rendimiento de 15 t/ha. En los departamentos de Risaralda, Caldas, Quindío, Valle y el suroccidente de Antioquia se encuentra la mayor área tecnificada (MADR, 2010).

Algunas de las variedades de cítricos disponibles en Colombia son (Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva de Cítricos. Corporación Colombia Internacional, 2000):

- **Naranja:** Washington, Lerma, Salerma, Ruby, Ruco 6, Valencia, Nativa 204, Ica Parson No.8, Hamlin No. 7 y Nativas.
- **Mandarina:** Onecco, Chiva Común, Arrayan, Clementina, Ica Jamundí, Ica Anaime, ICA Bolo, Satsuma.
- **Lima Acida:** Limón Tahití, Persa L. Pajarito, Ica Tajitit N.
- **Toronja:** Ruby Red, Ruby Blusa, Spark Ruby, Ica Hatico, Ica Manuelita.
- **Tangelo:** Mineola, Orlando, Trotón, Seminole

Las principales plagas y enfermedades que afecta los huertos son, entre otras:

a) **Plagas:** La Ortezia (*Orthezia praelonga*), el picudo de los cítricos (*Compsus viridilineatus*), Trips (*Thysanoptera: thripidae*), la hormiga arriera, (*Atta sp.*) y ácaros.

b) **Enfermedades:** Los virus se encuentran ampliamente en el mundo atacando los cítricos. Existen en el mundo cítrícola aproximadamente 76 especies de virus, viroides y micoplasmas. En el país solamente hay detectada presencia de tristeza, exocortis, psorosis y xiloporosis. Todos los cítricos en Colombia se encuentran infectados con el virus de la tristeza, la lima acida tahití, infectada por el viroide de la exocortis, el tangelominneola 100% atacado por el virus de la psorosis y algunas mandarinas por la xiloporosis. Otras enfermedades prevalentes en los cultivos son la antracnosis (*Colletotrichum spp*), la muerte súbita causada por (*Ceratocystis fimbriata*) y la mancha de la hoja y de la fruta (*Alternaria tenuissima*). (Acuerdo de Competitividad Regional, Cadena Productiva Citricultura Tropical de Montaña Centro Occidente, 2002).

Este cultivo ha tomado en la última década una destacada importancia social y económica; sin embargo, su rendimiento se ha visto afectado entre otras enfermedades por la antracnosis (*Colletotrichum spp*) que se considerada un serio problema en regiones con características de clima tropical y subtropical (Álvarez *et al*, 2006).

Esta enfermedad es de común ocurrencia y puede afectar todas las variedades de cítricos, siendo más severa en variedades que tienen floración abundante o florecen

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

frecuentemente fuera de época. Esta enfermedad se ve favorecida por las condiciones predominantes de clima cálido húmedo y muy húmedo. El efecto de la antracnosis sobre la planta está relacionada con la caída prematura de flores y frutos, lo cual puede reducir en un 50% la producción (Silva, 2010)

Los árboles son afectados en sus estructuras jóvenes (ramas, hojas, flores y frutos). Ataques severos causan defoliación y caída de flores. La enfermedad puede aparecer en plantas de cualquier edad y tamaño en el vivero o en la plantación, en raras ocasiones se desarrolla en árboles con crecimiento vigoroso (Cambra, 2000).

Para el manejo de la antracnosis de los cítricos se recomienda:

- Adquirir las plantas sanas en viveros registrados ante el ICA.
- Recolectar y destruir frutos enfermos.
- Podar las ramas y hojas afectadas y retirarlas del lote, asegurándose de eliminarlas para que no sean fuente de inóculo.
- Aplicar de manera preventiva, fungicidas cúpricos, benomyl y captafol, de acuerdo con la orientación técnica de un ingeniero agrónomo. (Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012

2.2 Manejo orgánico en el suelo

La fertilización orgánica y conservación de suelos cuentan con resultados probados y aplicados en el uso de diferentes alternativas, provenientes de recursos disponibles tales como: estiércoles, cachaza y residuos de producciones agrícolas e industriales, a partir de las cuales se han desarrollado tecnologías para la elaboración de compost, humus de lombriz, biotierra; se ha generalizado el uso de abonos verdes y se han desarrollado biofertilizantes para complementar las necesidades nutricionales de los cultivos.

El humus contribuye a un suelo bien estructurado que, en su turno, produce plantas de alta calidad. Es claro que el manejo de la materia orgánica y el humus es esencial

para sostener el ecosistema total del suelo (Sullivan, 2007). En la mayoría de las tácticas de manejo del suelo, existen efectos directos e indirectos sobre la fitosanidad de los cultivos, por aumentar el vigor o tolerancia de las plantas a las plagas y enfermedades, por hospedar enemigos naturales (principalmente microorganismos).

La mayoría de los componentes de la mesofauna y muchos de macrofauna mejoran el suelo, en especial en lo que respecta a la movilización de nutrientes, a través de enzimas, y el mejoramiento de la estructura, el proceso de bioturbación (mezcla del suelo y de los componentes orgánicos) y de la producción de poros en forma de galerías y construcciones (Lavelle *et al.*, 1997). El laboreo, la quema, la exposición del suelo al sol y el uso de fertilizantes amoniacales hacen que la mayoría de los organismos del suelo desaparezcan (Lavelle *et al.*, inpress). Las galerías construidas por algunos invertebrados del suelo, como larvas, insectos, lombrices, abejorros y otros, sirven a la penetración de las raíces, la infiltración del agua y a la circulación del aire. También las enzimas excretadas por la microflora seleccionada y estimulada por la macrofauna, como lombrices, nematodos saprófagos (que viven de materia orgánica muerta), larvas de insectos, etc., pueden estimular el crecimiento de plantas de cultivo. Las lombrices son las más efectivas mejoradoras de suelo. A pesar de removerlo pasando toda la capa arable por sus intestinos cada tres años (Primavesi, 2001). Estas tienen su boca en el extremo anterior del cuerpo. Esta recubierta por una cutícula como el resto del cuerpo y presenta una musculatura muy potente. Con mayor o menor grado de desarrollo desembocan al principio del esófago las llamadas glándulas de morren. Estas están muy vascularizadas y secretan carbonato de calcio en pequeñas cantidades que utilizan como órganos homeostáticos. No solo regulan el contenido de iones calcio en sangre sino también, los de magnesio, calcio y fósforo. (Maceda y Gonzales 2013).

2.3 Comportamiento de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en los cítricos

Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan en los pétalos como una necrosis acuosa de color naranja a café; los pétalos necrosados quedan adheridos a la parte basal del disco floral con apariencia dura, seca y de color café rojizo. En ataques

severos, el patógeno afecta racimos florales enteros cuando las condiciones para su desarrollo son favorables. Posteriormente, los frutos en desarrollo toman una coloración amarillenta en la base, que avanza hasta cubrirlos por completo y ocasionar su caída cuando tienen aproximadamente un centímetro de diámetro. El síntoma característico de esta enfermedad es que al caer el fruto, tanto el pedúnculo como el receptáculo y cáliz permanecen adheridos a la rama (Delgadillo, 2003)

Los brotes afectados se pueden marchitar y eventualmente morir a partir de las puntas, en porciones que varían de uno a varios centímetros, dependiendo de la severidad. En ataques fuertes, las hojas y brotes pueden ser dañados en su totalidad. Cuando esto ocurre, se observan brotes con síntomas de muerte descendente. Bajo condiciones de daño medio, en las hojas jóvenes aparecen deformaciones y zonas muertas en el borde o el ápice. Cuando la infección es poco severa o si las hojas están totalmente expandidas al momento de la infección, sólo éstas llegan a ser afectadas en forma parcial, o bien ocasionar lesiones cloróticas y deformación. Asimismo, en las hojas se observan pequeñas lesiones redondas de tamaño pequeño, las cuales con el tiempo se llegan a necrosar. Estas lesiones en las hojas, con el tiempo pueden caer produciendo un pequeño orificio ocasionando el síntoma típico de “tiro de munición”. Los racimos florales pueden ser dañados en su totalidad por la enfermedad. Los botones afectados pueden desprenderse sin haber abierto, mientras que las flores presentan una necrosis de color café rojizo en los pétalos, los cuales permanecen adheridos al cáliz por algún tiempo junto con los frutos pequeños. Al desprenderse los frutos infectados, algunas estructuras florales como el receptáculo, cáliz y pedúnculo quedan adheridas a la rama y son conocidas como “tachuelas”. Este síntoma es característico del daño de antracnosis. Los frutos pueden ser atacados por la enfermedad hasta un determinado estado de desarrollo, siendo la susceptibilidad directamente proporcional a la edad. Entre más joven es el fruto, éste es más susceptible a antracnosis y la resistencia se incrementa con la edad. Los frutos pequeños pueden caer o quedar momificados y adheridos a la rama. Asimismo, los frutos afectados pueden permanecer en el árbol hasta su madurez y las lesiones forman costras corchosas levantadas que pueden abarcar hasta la mitad de su

superficie. También es frecuente que el fruto se agriete al nivel de la lesión corchosa y deje al descubierto las vesículas de jugo (Medina *et al.*, 2001).

El ciclo de la enfermedad ocurre de la siguiente manera: las conidias del hongo se producen de manera abundante en los acérvulos formados sobre los pétalos de flores infectadas durante la primavera. Estas conidias son lavadas por las gotas de agua de lluvia o rocío y depositadas en los tejidos vegetativos del árbol, en donde pueden germinar para formar apresorios o permanecer sin germinar y ocasionar infecciones latentes. En ausencia de floración, estos propágulos pierden viabilidad con el tiempo. Sin embargo, cuando se inicia la floración, los pétalos que caen sobre la superficie de las hojas proporcionan algunas sustancias que estimulan la germinación del apresorio (estructura adhesiva achatada a partir de la cual se origina una hifa afilada que rompe la cutícula de una célula por punción permitiendo la penetración del micelio para establecer la infección de un hongo parásito de las plantas superiores), los cuales son diseminados hacia las flores nuevas por el salpique de las gotas de agua de lluvia. Su daño es más severo y puede manifestarse de manera epidémica cuando se presentan lluvias, períodos prolongados con alta humedad relativa y temperaturas bajas durante la floración y "amarre" del fruto (Agostini *et al.*, 1993). La temperatura óptima para la germinación de la espora es de 23 °C y el tiempo mínimo para la infección y germinación es de 12 a 18 horas. Si las condiciones húmedas prevalecen, alrededor del 90 % de las flores pueden mostrar síntomas a los 3-4 días después de la infección. Sobre las flores afectadas se producen numerosos acérvulos, lo cual incrementa drásticamente el número de esporas patogénicas dentro del árbol (Timmer, 2000). Las flores son resistentes al patógeno cuando los botones presentan de un estado de cabeza de alfiler a botón en estado redondo y son susceptibles cuando se empiezan a elongar y son altamente susceptibles una vez que se abren (Álvarez, *et al.*, 2006).

Se han realizado algunos intentos de control biológico del hongo *C. acutatum*, agente causal de la caída de fruto pequeño en cítricos. El control biológico consiste en el uso de organismos naturales o modificados, genes o productos de genes que reducen los efectos de organismos indeseables tales como patógenos de plantas y para favorecer

organismos deseables como los cultivos agrícolas. Las enfermedades de las plantas pueden ser controladas con microorganismos vivos que son antagónicos a hongos fitopatógenos. Los mecanismos de control biológico de patógenos de plantas incluyen antibiosis, parasitismo, competencia, resistencia sistémica adquirida, protección cruzada e hipovirulencia (Ownley y Windham, 2004). En evaluaciones realizadas con respecto al efecto de diferentes aislamientos de los antagonistas *Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.* bajo condiciones de laboratorio y campo. Los resultados en árboles de naranja dulce Cv. „Natal“, demostraron la efectividad de algunos tratamientos de *B. subtilis* y *T. aureoviridae* en reducir el porcentaje de flores con síntomas de la enfermedad en comparación al tratamiento testigo. Sin embargo, el corto período de incubación del patógeno desde la llegada del conidio hasta el establecimiento de la infección limita la efectividad de los antagonistas por el tiempo reducido en que *C. acutatum* permanece vulnerable (Kupper *et al.*, 2003)

2.4 La materia orgánica y las lombrices en el ciclo de los nutrientes

Las galerías y redes de macroporos conectados creados por las lombrices mejoran la filtración de agua y la aeración del suelo. Los campos que son “labrados” por los túneles de las lombrices pueden absorber agua en una cantidad de hasta 4 a 10 veces mas que la de los campos que no tienen estos túneles (Edwards, et al., 1996). Esto reduce el escurrimiento de agua y la erosión que esto provoca, recarga el nivel freático subterráneo, y ayuda a almacenar más agua que permite seguir la provisión de agua a las plantas para períodos secos.

Elas ingieren partículas del suelo y materia orgánica, la mezcla de los desechos de estas dos fracciones constituyen las excretas o lo que se llama turrículos. Una vez expulsado el suelo en forma de turrículos puede ser erosionado debido al impacto de la lluvia o puede

formar agregados sólidos estables a través de una variedad de mecanismos de estabilización (Ríos, 2005).

Lombricompostaje

En algunos países se ha venido utilizando el vermicompostaje que es un proceso con un límite superior de temperatura de 35°C, por lo que es importante la utilización de técnicas que reduzcan al mínimo el desarrollo del compostaje termófilo en los residuos. Esto puede lograrse más fácilmente mediante la adición de los residuos orgánicos en intervalos de 1 día ó 2 y en capas delgadas de 1-3 cm, de modo que no se produzca un aumento de la temperatura. Los descomponedores son lombrices. La especie más utilizada es *Eisenia foetida* o especies con un hábitat y necesidades de alimentos similares. Permanecen en los 10-15 cm superiores de los desechos orgánicos frescos, llegando a poblaciones de hasta 9 kg de peso fresco de lombrices de tierra por metro cuadrado, para alcanzar un procesamiento más rápido de los residuos orgánicos. El vermicompost también se utiliza para reducir la erosión de los suelos y controlar enfermedades de plantas tales como, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Plectosporium* y *Verticillium*, de manera significativa tanto en el campo como en invernaderos. El vermicompost también puede disminuir las plagas de artrópodos como las orugas de blanca de la col, gusanos picudos del tomate, escarabajos del pepino, cochinillas, pulgones y los ácaros. La supresión de los áfidos es particularmente importante, ya que son los principales transmisores de virus de plantas. Las aplicaciones de humus de lombriz a los suelos parecen hacer que las plantas que se cultivan en esos suelos sean menos atractivas para las enfermedades y plagas, pero también por la supresión de su reproducción (Edwards *et al.*, 2011).

Este proyecto propone una alternativa bio-orgánica (FBO) como método de fertilización, así mismo, como sistema que permite mejorar la calidad física, química y biológica del suelo, mejorando el vigor de las plantas y generando así, resistencia a plagas y enfermedades. Donde se incremente la producción y se minimice el uso de agroquímicos

2.5 Fertilización Bio-Orgánica (FBO)

Los suelos fuertemente degradados y/o sometidos a cultivo y labor intensa, presentan una gran deficiencia en biomasa y diversidad de las poblaciones de macrofauna (Lavelle et al., in press). La recuperación de estos ecosistemas es difícil y costosa, sin embargo existe una técnica de Fertilización Bio-Orgánica (FBO), que hace parte de la patente con número de publicación internacional: WO 98/03447, la cual ha sido probada exitosamente en la India y la China en cultivos de té. En la India, estos experimentos demostraron que de material vegetal de té (ramas lignosas proveniente de la poda), materia orgánica y las lombrices de tierra fueron muy eficaces para aumentar la producción del té (a veces más que el uso de fertilizantes inorgánicos) debido a sus efectos favorables sobre las características físicas y biológicas del suelo. El FBO aumentó la producción de té de 79.5 a 276% en plantaciones degradadas de 80 años de edad, representando un aumento del beneficio hasta de US\$ 5500 por hectárea/año comparado a las técnicas convencionales. La originalidad de este método, permite reducir un 50% el uso de fertilizantes químicos.

Con esta técnica se utilizan dos clases de material orgánico, uno de rápida descomposición y otro de lenta descomposición y se inocula lombrices de tierra, en este caso se utilizó las especies *Pontoscolex corethrurus* y *Amyntas corticis*.

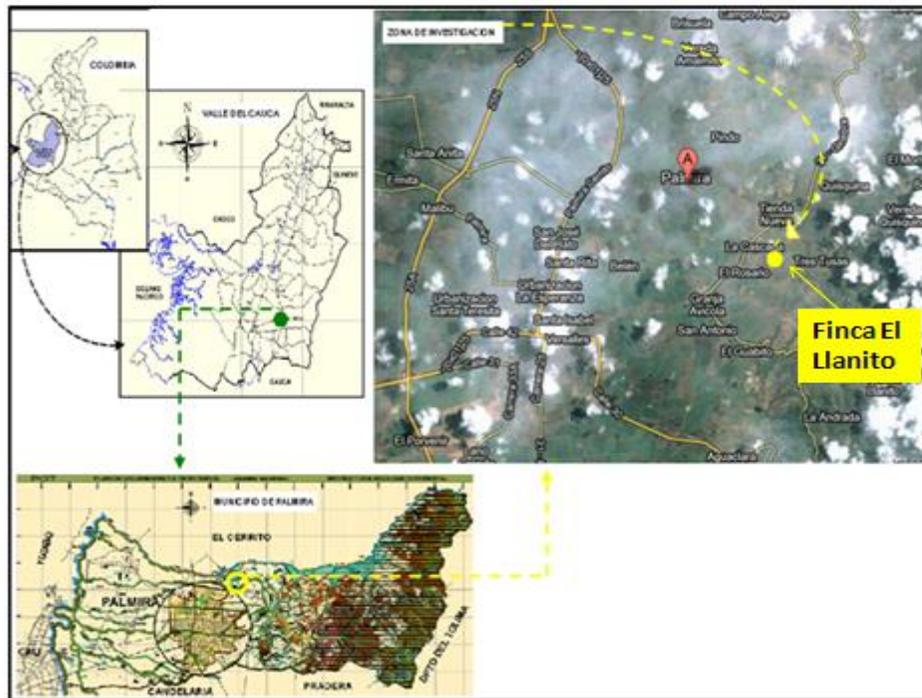
El método de Fertilización Bio-Orgánica (FBO) crea en el suelo espacios de alta fertilidad y actividad de lombrices. Los efectos benéficos de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas se deben al incremento en la disponibilidad de nutrientes y agua, mejoramiento de la estructura del suelo, estimulación de microorganismos o formación de productos microbiales que aumentan el crecimiento de las plantas, o a la posibilidad de la producción directa de sustancias promotoras del crecimiento (hormonas) y protectoras contra las plagas y enfermedades (Ríos, 2005).

3. Metodología

3.1 Localización del experimento

La investigación se realizó en una finca del Departamento del Valle del Cauca, en el Municipio de Palmira, Corregimiento de Tienda Nueva. Se encuentra a 1020 metros sobre el nivel del mar, en el pie de monte Occidental de la Cordillera Central, posee una temperatura promedio de 24°C (CVC, 2006).

Figura 3-1: Ubicación geográfica de la finca



Adaptación informe final convenio 063 de 2007. Perfil ambiental urbano municipio de Palmira y <http://maps.google.com>

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

3.2 Establecimiento del experimento

Se definieron tres tratamientos:

T1: Fertilización Bio Orgánica (FBO)

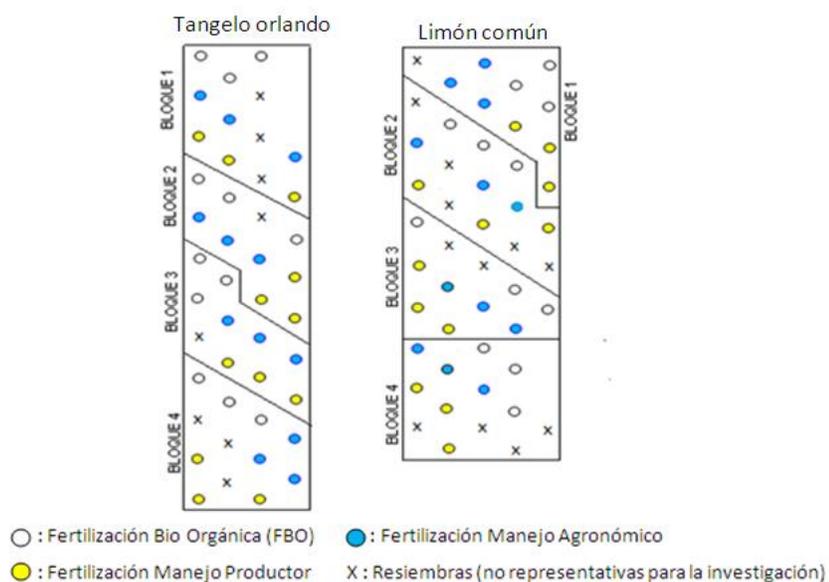
T2: Fertilización química con insumos calculados después de realizar un análisis de suelo (Manejo Agronómico)

T3: Fertilización tradicional (Manejo Productor)

El experimento se llevó a cabo en un cultivo de 12 años de edad, de *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm, Swingle. Las áreas fueron de 990 y 1045 m² respectivamente, para un total aproximado de 2035m² dedicados para el experimento. El control de malezas antes de iniciar el experimento se realizaba con glifosato (Herbicida sistémico), a través del tiempo se mejoro esta practica, utilizando guadaña para podarlas, los residuos orgánicos se dejan en el mismo sitio para contribuir con el ciclaje de nutrientes y proteger el suelo. Los tratamientos se distribuyeron en cuatro bloques de aproximadamente 225 m² cada uno.

Cada tratamiento se aplicó en tres árboles en cada uno de los 4 bloques(Figura 3-2).

Figura 3-2: Diseño experimental, Distribución de los tratamientos en campo.



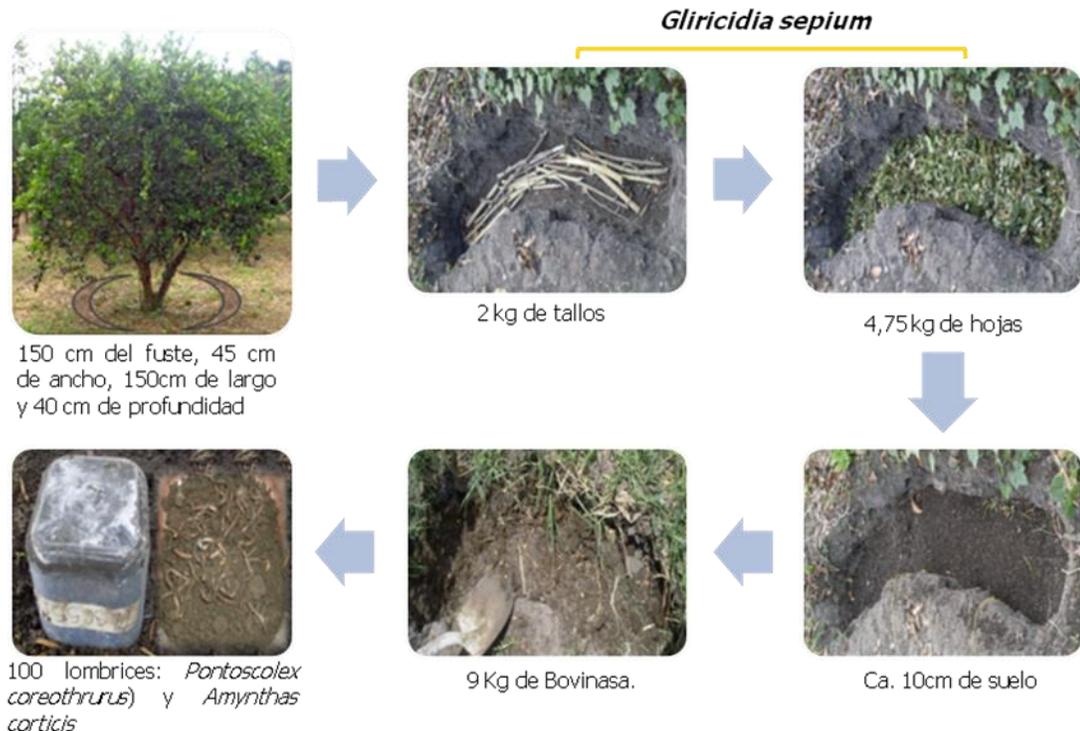
3.2.1 Aplicación de la técnica FBO asociada a plantas de Cítricos

Al iniciar el ensayo, sobre cada árbol de cítrico, a una distancia de 1,5 m del fuste se construyeron dos zanjas en forma de media luna con unas dimensiones de 30cm de ancho, 150cm de largo y 40 cm de profundidad, las cuales se encuentran ubicadas en sentido oriente – occidente como se ilustra en la Figura 3-3. Al interior de cada zanja se incorporó como materia orgánica de lenta descomposición 6,75 Kg de *Gliricidia sepium* para un total de 13,5 Kg por árbol, que aportan 130 gr de Nitrógeno, 16,95 gr de P_2O_5 y 76,39 gr de K_2O ver Anexo A; también se aplicó por zanja 9 Kg de estiércol proveniente de la producción ganadera de la misma finca (materia orgánica de rápida descomposición) para un total de 18 Kg por árbol, los cuales aportan 45,72 gr de Nitrógeno, 29,16 gr P_2O_5 y 36,44 gr de K_2O ver Anexo B, y finalmente se inocularon 100 lombrices de la especie *Pontoscolex coreoethrurus* (25 adultas y 50 jóvenes) y *Amyntas corticis* (25 entre jóvenes y adultas). Estas lombrices se reprodujeron en la misma finca, donde inicialmente se instalaron cinco camas de 2mX1mX 0,20m, se inocularon 100 lombrices por cama y se utilizaron 3 clases de alimento para estas: Porquinaza, aserrín y Bovinasa. Siendo esta última fuente la que favorecería la propagación de las lombrices con una cantidad de 2000 individuos en el primer mes.

Se realizó mantenimiento al FBO a los 6 y 12 meses de instalación; donde se aplicaron 9 Kg de estiércol bovino por zanja para un total de 18 Kg por árbol, que aportan 45,72 gr de Nitrógeno, 29,16 gr P_2O_5 y 36,44 gr de K_2O para cada época.

→ total por árbol: $130+45,72+45,72+45,72 = 267.16g$ N; 104,43g P y 185,71 g de K

Figura 3-3: Esquema del sistema FBO en cada parcela



Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

3.2.2 Aplicación fertilización tradicional (Manejo del productor)

Sobre cada árbol de cítricos, se aplicó en círculo e incorporando una mezcla (proporción 5:1) de los fertilizantes de síntesis química de la fórmula 18-18-18 (18% Nitrógeno+18% P_2O_5 +18% K_2O) y Agrimins (8% Nitrógeno total, 5% P_2O_5 , 18% CaO, 6% MgO, 1,6% S total, 1% B, 0,75% Cu, 0,005% Mo y 2,5 Zn), como se ilustra en la Figura 3-4; se aplicó 240 gramos por árbol, los cuales aportan 39,2 gr Nitrógeno total, 38 gr P_2O_5 , 36 gr K_2O , 7,2 gr CaO, 2,4 gr MgO, 0,64 gr S total, 0,4 gr B, 0,03 gr Cu, 0,002 gr Mo y 1 gr Zn. Se realizó según la información suministrada por el productor, cada cuatro meses durante 2 ocasiones.

N: 39,2; P: 38; K: 36 → (x2): 78,4 N; 76 P; 72 K

Figura 3-4: Aplicación de fertilizante, de una mezcla de 18-18-18 +Agrimins



3.2.3 Fertilización Alternativa Basada en el análisis de suelo

Teniendo en cuenta la composición química del suelo y los requerimientos del cultivo se realizaron los análisis respectivos para la fertilización, en los que se obtuvo que para el cultivo de Limón no debe hacer aplicaciones y si para el cultivo de Tangelo, donde sobre cada árbol, se incorporó una mezcla de los fertilizantes 17-6-18-2 (17% Nitrógeno total, 6% P_2O_5 , 18% K_2O , 2% MgO , 1,6% S total y 0,2% B) y urea 46-0-0 (46% Nitrógeno total) como se ilustra en la Figura 3-5; donde para los bloques uno y dos se aplicó 363 gr por árbol, que aportan 124,35 gr Nitrógeno total, 8,82 gr P_2O_5 , 26,46 gr K_2O , 2,99 gr MgO , 2,35 S total y 0,29 gr B, y para los bloques tres y cuatro 597 gr por árbol, que aportan 203,97 gr Nitrógeno total, 14,46 gr P_2O_5 , 43,38 gr K_2O , 4,82 gr MgO , 3,9 S total y 0,5 gr B; estas aplicaciones se realizaron cada 4 meses durante dos ocasiones.

Limón: 0

Tangelo B1 y B2: 248,7 gr N; 17,64 gr P; 52,92 gr K; B3y4: 407, 94 gr N; 28,92gr P; 86,76 gr K

Figura 3-5: Aplicación de fertilizante, de una mezcla 17-6-18-2 + urea



Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

3.3 Evaluaciones

Para las evaluaciones en el suelo se tuvo en cuenta de tomar las muestras en un punto intermedio del lugar de los tratamientos para todas las épocas.

3.3.1 Análisis químico del suelo

Para los dos cultivos de cítricos, los análisis químicos del suelo se realizaron antes de iniciar con los tratamientos y a los doce meses de su instalación, se determinó el pH, los contenidos en materia orgánica (MO), fósforo (P), aluminio(Al), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), boro (B), azufre (S), cobre(Cu), hierro (Fe), Manganeseo (Mg) y Zinc (Zn) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), mediante los métodos descrito en la Tabla 3-1 Estos análisis se efectuaron en el laboratorio de análisis químico del suelo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Tabla 3-1: Determinaciones y métodos para el análisis químico de suelos

Determinaciones	Métodos
pH (Un)	pH Agua 1:1
MO (g/kg)	Materia Orgánica Walkley-Black Espectrometría
P-BrayII (mg/kg)	Fosforo Bray II Espectrometría
Al (cmol/kg)	Aluminio Cambiable (KCl 1M) Vol.
Ca (cmol/kg)	Calcio Intercambiable (Ab.At.)
Mg (cmol/kg)	Magnesio Intercambiable Ab. At.
K (cmol/kg)	Potasio Intercambiable Ab. At.
Na (cmol/kg)	Sodio Intercambiable Ab. At.
CIC (cmol/kg)	Capacidad Int. Catiónico (Amonio Acetato) Volumet.
B (mg/kg)	Boro en Agua Caliente (Espectromet. Azometina)
S (mg/kg)	Azufre Extractable (Fosfato Ca) Turbidimetria
Cu (mg/kg)	Cobre Extract. Doble Acido Ab.At.
Fe (mg/kg)	Hierro Extract. Doble Acido Ab.At.
Mn (mg/kg)	Manganeseo Extract. doble Acido Ab.At.
Zn (mg/kg)	Zinc Extract. en Doble Acido Ab.At.

3.3.2 Análisis físico del suelo

Los análisis físicos del suelo se realizaron al lado de cada zanja en cada una de las tres épocas, inicial (sin tratamientos); a los seis meses y a los doce meses después de aplicar

los tratamientos. Se midieron las siguientes variables densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), humedad gravimétrica (W), humedad volumétrica (Θ), porosidad (η) y resistencia tangencial al corte (RTC), estos análisis se hicieron en el laboratorio de física de suelos de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; y para textura se analizó antes de iniciar los tratamientos y a los 12 meses de instalados, este análisis se efectuó en el laboratorio de análisis Físico del suelo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los métodos se describen en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Determinaciones y métodos del análisis físico de suelos

Determinaciones	Métodos
D_a (gr/cm ³)	Método del cilindro
D_r (gr/cc)	Método del picnómetro
W (%)	Método gravimétrico
θ (%)	θ (%) = $W \times D_a$ (* La densidad aparente es relativa, no tiene unidades)
η (%)	η (%) = $\left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$
RTC (KPa)	Torcómetro
Textura (Tex)	Textura Bouyucos

3.3.3 Diversidad y abundancia de macrofauna en el suelo

Se evaluó la abundancia y diversidad de macrofauna del suelo, en ambos cultivos, según la metodología propuesta por el Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (Método TSBF) (Anderson & Ingram 1993), descrito por Ruiz et al. 2008.

Se realizó el muestreo antes de iniciar con los tratamientos, y los seis y doce meses de establecidos los tratamientos. La toma del monolito (bloques de suelo de 25x25x15cm de profundidad) se hizo para cada tratamiento tomando un punto al azar dentro de estos, posteriormente se separó la macrofauna del suelo de forma manual conservando los invertebrados en alcohol al 70% para su posterior identificación a nivel de orden.

3.3.4 Morfología del suelo

Es un método descriptivo que permite evaluar de forma rápida la estructura del suelo. Esta técnica permite diferenciar y cuantificar los constituyentes orgánicos y minerales del suelo organizados en agregados de origen físico, estructuras biogénicas particulares, componentes vegetales, suelo sin agregar, materia orgánica, piedras, etc.

Para medir esta característica se definieron los constituyentes del suelo de acuerdo a su origen (mineral, físico, orgánico), etc. La actividad de la macrofauna y las diferentes bioestructuras que estos producen pueden ser cuantificadas y relacionadas por medio de esta característica (Velasquez et al., 2006).

Se tomo un pequeño monolito de suelo de 10cm de lado y 10cm de profundidad en cada uno de los tratamientos y se separaron todos sus constituyentes: agregados biogénicos (AB), agregados físicos (AF), agregados de raíz (AR), invertebrados (Inv), materia orgánica sin descomponer (MO), piedras (P) y suelo sin agregar (SsA).

3.3.5 Rendimiento de frutos

Para limón y tangelo, se evaluaron cada 8 días la producción (kilogramos) y el numero de frutos maduros por árbol, y luego se calculó el acumulado por mes (metodología adaptada de López et al. 2007). Se tiene en cuenta que la recolección de frutos se hizo antes de iniciar los tratamiento y hasta los 11 meses de instalados.

3.3.6 Grados brix, acidez total titulable e Índice de Madurez

Para tangelo y limón se analizaron frutas en todos los arboles por cada tratamiento y bloques; antes de iniciar el ensayo, a los seis y doce meses. Se tomaron muestras teniendo en cuenta el color del fruto que se necesita para la comercialización. Para tangelo según la tabla de colores se tiene en cuenta las escalas 4(el fruto es amarillo-anaranjado, disminuyen los visos verdes) y 5 (el fruto es anaranjado, con algunos visos de color verde claro),y para limón las escalas 2 (fruto de color verde claro) y 3 (fruto de

color verde claro y aparecen visos amarillos), se cogieron 6 frutos al azar para cada escala a los cuales se les realizó el análisis (Arias 2007).

Para medir grados brix se utilizó un refractómetro Brix 35 HP, Marca Reichert, escala 0-35°, made in USA.

Para determinar acidez titulable, primero se analiza el pH para clasificar las muestras de acuerdo a la escala de acidez de los alimentos, se utiliza un potenciómetro y de acuerdo a los resultados se obtuvo que las muestras son fuertemente ácidas por tener pH por debajo de 3.7; y por lo tanto se establece que se debe utilizar hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1N y 1ml de jugo por 10 ml de agua destilada para la titulación. Para estimar la acidez titulable se necesita saber volumen de NaOH consumido en ml (V1), volumen de la muestra en ml (V2), peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq) (K) y normalidad del NaOH (0,1 meq/ml) (N), (ver ecuación(3.1))(Mapura 2009).

$$\% \text{ Acido cítrico} = \frac{V1 \times N}{V2} \times K \times 100$$

Para estimar el índice de madurez (IM) se tiene en cuenta la relación entre los sólidos solubles totales(SST) y el % de acidez total titulable o % de ácido cítrico (%Ac)(ver ecuación(3.2))(Mapura, 2009).

$$IM = \frac{SST}{\% Ac}$$

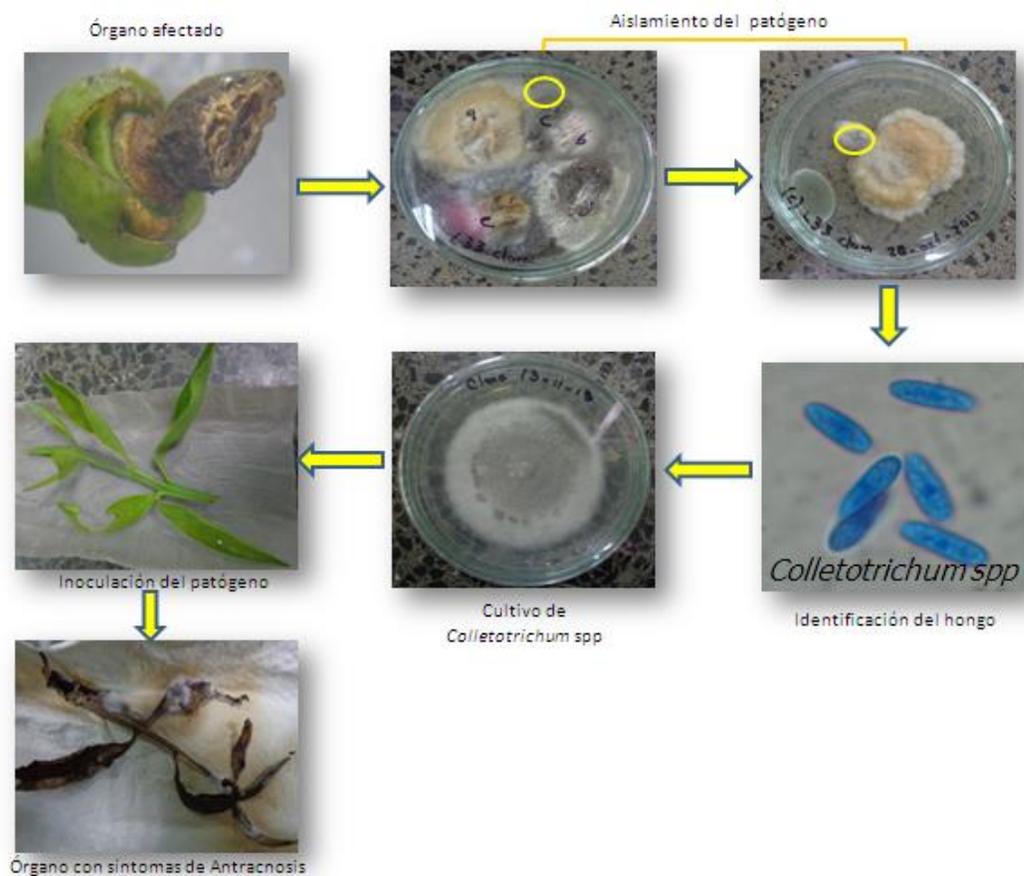
3.3.7 Evaluaciones realizadas para determinar porcentaje de incidencia de Antracnosis *Colletotrichum* spp en los dos cultivos

Para la identificación de la enfermedad en los dos cultivos, se tomó en campo varias muestras de tallos y órganos infectados, que fueron llevados al laboratorio para determinar mediante métodos y técnicas de aislamiento cual es el agente causal de la enfermedad, de los tallos se hacen secciones de 0,5 cm de largo, y se seleccionan varios trozos infectados para la desinfección del tejido, estos se sumergen en beakers que contienen hipoclorito de sodio al 0.5% durante 1 minuto , luego se pasan por agua

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

estéril y por ultimo se colocan sobre el medio nutritivo papa dextrosa Agar (cuatro cortes por caja petri, de manera equidistante) y se deja en incubación. Posteriormente las colonias del patógeno se re siembran, tomando un volumen muy pequeño con un asa sobre el medio nutritivo papa dextrosa Agar (PDA) asépticamente y se deja en incubación para su posterior estudio. Seguidamente se montan placas de los cultivos realizados y se procede con el reconocimiento que consiste en la observación de las estructuras del microorganismo que se ha aislado, estas estructuras se comparan con las referenciadas en la bibliografía y por ultimo se realiza una prueba de patogenicidad como se ilustra en la Figura 3-6.

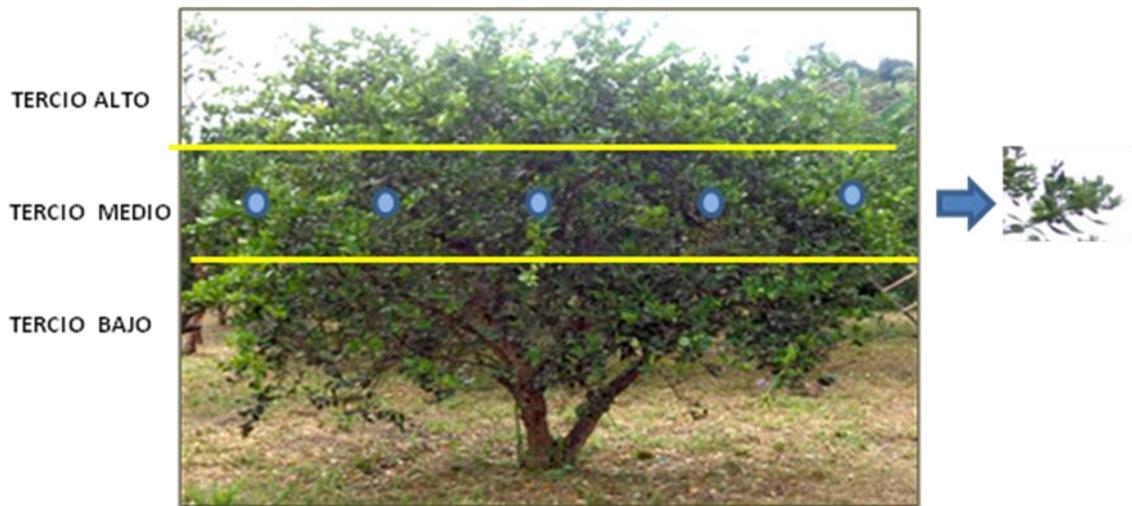
Figura 3-6: Esquema para la determinación del agente causal de antracnosis



Se midió el porcentaje de incidencia de la enfermedad, esto se hizo para todos los árboles del ensayo, los datos se tomaron cada mes; en cada árbol se delimitó la copa en tres partes de abajo hacia arriba y se seleccionó el tercio medio, donde se marcaron 10 ramos en forma homogénea alrededor del árbol para el conteo total de ramillas (RT) y de las que están afectadas (RA) como se ilustra en la Figura 3-7; para determinar el porcentaje de incidencia ((ver ecuación (3.3))(Agrios 2005).

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{RA}{RT} \times 100$$

Figura 3-7: Sistema de muestreo para calcular el porcentaje de incidencia de antracnosis



3.4 Análisis de la Información

Se realizaron análisis multivariados para cada juego de datos agrupados de la siguiente manera: fertilidad química del suelo, variables físicas del suelo, morfología de suelos, abundancia y diversidad de macrofauna del suelo y producción.

Los análisis multivariados se han utilizado en forma amplia en diversas áreas. En un contexto amplio esta técnica hace referencia a todos los métodos estadísticos que simultáneamente analizan múltiples medidas que se hacen sobre cada individuo u objeto de investigación. El objetivo es utilizar varias variables como indicadores que representen el total de facetas diferentes para obtener una perspectiva más amplia del estudio (Hair et al., 1992; Jonson and Wichern, 1988). En este trabajo se utilizaron los análisis de

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

componentes principales (ACP) y análisis discriminante (test de Montecarlo) con el programa R.

El ACP permite la reducción de datos, su objetivo central es construir combinaciones lineales (componentes principales) de las variables originales que contengan una buena parte de la variabilidad total original. El ACP transforma el conjunto de variables originales en un conjunto más pequeño de variables, las cuales son combinaciones lineales de las primeras, que contienen la mayor parte de la variabilidad presente en el conjunto inicial (Díaz, 2002).

Este análisis busca:

Generar nuevas variables que expresen la información contenida en un conjunto de datos.

- Reducir la dimensión del espacio donde están inscritos los datos.
- Eliminar las variables (si es posible) que aporten poco al estudio del problema.
- Facilitar la interpretación de la información contenida en los datos.

La utilización de éste análisis permite determinar algunos factores (componentes principales) que retengan la mayor variabilidad contenida en los datos.

Para las variables de producción se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para un diseño de bloques completos al azar, con el fin de determinar si existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el efecto de los tratamientos y se utilizó el programa SAS (versión 9.3 año 2013)

4. Resultados y Discusión

4.1 Análisis de propiedades físicas del suelo

En la tabla 4-1 se reportan los promedios para las variables físicas del suelo en el cultivo de tangelo; donde el máximo valor de densidad aparente (D_a) es $1,04 \text{ gcm}^{-3}$ que corresponde al tiempo cero en el lugar donde se instaló el F.B.O. y el mínimo $0,75 \text{ gcm}^{-3}$ para el mismo sitio a los doce meses de la aplicación; la mayor densidad real es $2,41 \text{ gcm}^{-3}$ para la época inicial donde se incorporó el tratamiento 2 y el menor valor $2,07 \text{ gcm}^{-3}$ para el mismo sitio a los seis meses de establecido. La mayor porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica fue 67.66%, 64.26% y 45.98% a los doce meses de instalado el FBO y el menor valor 54.33%, 28.09% y 25.63% a los seis meses para los tratamientos dos y tres respectivamente; y en cuanto a la resistencia tangencial al corte el promedio máximo es 80,75kPa, que se presentó en el tiempo cero donde se instaló el tratamiento dos y el menor 22,42Kpa a los doce meses de instalado el FBO (Tabla 4.1).

En la Tabla 4.2 se reportan los valores de las variables físicas del suelo para el cultivo de limón, donde el máximo valor promedio de D_a fue $1,09 \text{ gcm}^{-3}$ que corresponde a los seis meses de la aplicación del tratamiento 2 y el mínimo $0,76 \text{ gcm}^{-3}$ a los doce meses de instalado el F.B.O; la mayor densidad real promedio fue $2,39 \text{ gcm}^{-3}$ para la época inicial y el menor valor $2,07 \text{ gcm}^{-3}$ para la época y el tratamiento 2; los valores mayores de porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica fueron 66.62%, 64.92% y 48.74% respectivamente a los doce meses de establecido el FBO y el menor valor 47,04%, 21,43% y 23.34% respectivamente a los seis meses para el tratamiento dos; y en cuanto a la resistencia tangencial al corte el máximo valor es 61,75Kpa, para el tiempo cero y el menor valor 23,42Kpa a los seis meses del FBO (Tabla 4.2).

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Tabla 4-1: Variables físicas del suelo en las diferentes épocas de la experimentación en el cultivo de Tangelo

Cultivo	Época	Tratto*	(n=4)	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	W (%)	θ (%)	η (%)	RTC (KPa)
Tangelo	1	1	R	0,94-1,11	2,19-2,49	28,56-50,46	31,09-48,94	54,89-57,36	55,33-84,00
			M	1,04	2,35	38,89	39,73	55,76	70,50
			Desv. Std	0,08	0,14	11,95	9,65	1,09	11,86
Tangelo	1	2	R	0,62-1,18	2,29-2,65	33,03-92,97	35,71-57,45	48,38-76,64	63,00-112,00
			M	0,91	2,41	52,73	43,05	61,75	80,75
			Desv. Std	0,27	0,17	27,52	9,77	13,17	21,69
Tangelo	1	3	R	0,61-1,16	2,06-2,42	21,18-94,05	24,67-57,04	51,80-70,52	56,67-95,33
			M	0,88	2,25	56,69	44,58	61,32	76,67
			Desv. Std	0,23	0,18	29,80	13,92	7,78	20,16
Tangelo	2	1	R	0,68-1,00	2,06-2,40	21,99-51,19	22,10-35,06	57,59-66,71	18,00-32,67
			M	0,86	2,28	33,14	27,29	62,43	25,92
			Desv. Std	0,15	0,16	12,59	6,02	4,15	6,79
Tangelo	2	2	R	0,87-1,01	1,91-2,22	19,29-37,22	19,55-32,48	51,16-57,33	43,00-55,33
			M	0,95	2,07	28,09	26,28	54,33	48,17
			Desv. Std	0,08	0,13	7,33	5,59	2,52	5,46
Tangelo	2	3	R	0,72-1,01	1,91-2,28	23,02-45,01	19,05-32,31	55,20-62,96	46,00-79,67
			M	0,89	2,10	29,83	25,67	57,87	57,75
			Desv. Std	0,14	0,20	10,31	5,57	3,46	15,19
Tangelo	3	1	R	0,57-0,86	2,09-2,48	41,27-93,29	35,54-53,34	64,00-72,67	18,67-27,33
			M	0,75	2,30	64,26	45,98	67,66	22,42
			Desv. Std	0,12	0,17	22,00	7,94	3,69	3,60
Tangelo	3	2	R	0,72-1,01	2,15-2,58	27,94-62,75	25,94-45,12	56,94-66,49	28,33-38,00
			M	0,88	2,32	37,86	32,03	61,92	34,92
			Desv. Std	0,12	0,19	16,64	8,87	5,04	4,47
Tangelo	3	3	R	0,57-1,06	2,16-2,50	20,30-69,81	21,30-39,65	56,78-73,99	39,33-50,00
			M	0,84	2,32	43,69	32,11	64,23	45,00
			Desv. Std	0,25	0,17	24,06	9,03	8,42	4,41

n=número de datos para : R = Rango ; P= Promedio; Desv.Std= Desviación estándar

*Descripción de los tratamientos(Tratto): Tratamiento 1= Fertilización Bio Orgánica (FBO);

Tratamiento 2= Fertilización Manejo Agronómico;

Tratamiento 3= Fertilización Manejo Productor

Da= Densidad aparente; Dr= Densidad real; W= Humedad gravimétrica; θ= Humedad volumétrica; η= Porosidad;

RTC= Resistencia Tangencial al Corte

Tabla 4-2: Promedios de análisis físicos del suelo para las diferentes épocas en el cultivo de limón

Cultivo	Época	Tratto*	(n=4)	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cc)	W (%)	θ (%)	η (%)	RTC (KPa)
Limón	1	1	R	0,91-1,11	2,30-2,56	31,33-52,06	34,77-47,89	53,24-60,88	26,67-62,00
			M	1,01	2,39	40,53	40,12	57,86	50,25
			Desv. Std	0,10	0,12	9,05	5,54	3,63	16,06
Limón	1	2	R	0,97-1,10	2,20-2,26	31,72-43,69	35,03-43,02	51,20-56,66	28,67-82,00
			M	1,02	2,24	38,64	39,09	54,61	61,75
			Desv. Std	0,06	0,03	5,04	3,46	2,50	25,05
Limón	1	3	R	0,84-1,07	2,14-2,28	36,57-50,57	38,37-44,59	51,41-60,92	43,67-61,33
			M	0,96	2,22	44,21	42,03	56,51	55,33
			Desv. Std	0,12	0,06	7,12	2,62	5,01	8,06
Limón	2	1	R	0,96-1,11	1,85-2,33	14,87-31,37	16,52-31,10	40,04-58,88	21,33-24,67
			M	1,02	2,11	23,91	24,14	50,82	23,25
			Desv. Std	0,07	0,19	7,68	6,56	7,89	1,55
Limón	2	2	R	1,03-1,13	1,89-2,24	18,83-24,85	21,30-26,97	43,66-51,61	47,00-53,33
			M	1,09	2,07	21,43	23,34	47,04	50,92
			Desv. Std	0,04	0,15	2,52	2,52	3,42	2,74
Limón	2	3	R	0,92-1,06	1,86-2,40	21,53-34,73	22,43-32,68	42,72-61,90	37,33-53,67
			M	0,99	2,19	28,89	28,42	54,14	47,00
			Desv. Std	0,07	0,24	5,52	4,41	8,13	7,19
Limón	3	1	R	0,68-0,87	2,21-2,30	53,08-77,45	41,04-57,70	62,40-69,18	20,00-30,00
			M	0,76	2,26	64,92	48,74	66,62	24,00
			Desv. Std	0,08	0,04	10,58	7,05	2,93	4,25
Limón	3	2	R	0,71-0,92	2,22-2,34	40,93-47,37	33,44-37,81	60,51-68,24	31,67-54,00
			M	0,81	2,28	44,89	35,96	64,67	46,25
			Desv. Std	0,09	0,05	2,78	2,18	3,53	10,23
Limón	3	3	R	0,70-0,89	2,24-2,38	43,43-55,94	33,82-43,21	61,48-68,83	48,67-56,00
			M	0,79	2,31	48,56	38,18	65,68	51,67
			Desv. Std	0,09	0,06	5,37	3,94	4,45	3,10

n=número de datos para : R = Rango ; P= Promedio; Desv.Std= Desviación estándar

*Descripción de los tratamientos(Tratto): Tratamiento 1= Fertilización Bio Orgánica (FBO);

Tratamiento 2= Fertilización Manejo Agronómico;

Tratamiento 3= Fertilización Manejo Productor

Da= Densidad aparente; Dr= Densidad real; W= Humedad gravimétrica; θ= Humedad volumétrica; η= Porosidad;

RTC= Resistencia Tangencial al Corte

La figura 4-1 representa el análisis multivariado (ACP) para las variables físicas del suelo en los dos cultivos, el factor 1 explica el 55.0% de la variabilidad total de los datos y separa los tratamientos y las épocas en función de la humedad del suelo, siendo el

tratamiento FBO el que más favorece la humedad en el suelo, y a nivel de épocas se observa mayor humedad del suelo en la época tres (12 meses después de la aplicación de los tratamientos). El factor 2 explica el 20.6% de la variabilidad total de los datos y separa los tratamientos y las épocas en función del grado de compactación del suelo, siendo la época uno la que presentó suelos más compactos y el tratamiento FBO los suelos menos compactos.

Se observa diferencias significativas para los tratamientos ($P < 0,031$) y las épocas ($P < 0,001$). Antes de instalar los tratamientos (época 1) los suelos eran mas compactos, a los seis meses (época 2) existe una disminución en la humedad y a los doce meses (época 3) mejoraron las propiedades físicas.

El cambio más importante se observó en el cultivo de limón a los 12 meses (época 3) donde se mejoraron las propiedades físicas del suelo. El factor 1 explica el 50.0% de la variabilidad total de los datos y muestra que el tratamiento FBO favorece la humedad en el suelo y disminuye la compactación en el suelo ($P < 0,024$). No hubo efecto significativo en los bloques ($P < 0,291$) (Figura 4-2).

Los boxplot (figura 4-3) para el cultivo de tangelo, muestran diferencia entre las épocas una y tres para las variables Da: Densidad aparente; W: Humedad gravimétrica; η : Porosidad y RTC: Resistencia Tangencial al Corte. El tratamiento FBO presentó un aumento en la porosidad y la humedad gravimétrica del suelo en la época tres comparada con la época inicial (antes de aplicar los tratamientos). También se observa una disminución en los valores de la densidad aparente y resistencia tangencial al corte, lo que evidencia un menor grado de compactación del suelo en el tratamiento FBO en la época tres.

Figura 4-1: ACP para las variables físicas del suelo para los dos cultivos, las tres épocas y los cuatro bloques (Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; W: Humedad gravimétrica; Θ :Humedad volumétrica; η : Porosidad; RTC: Resistencia Tangencial al Corte)

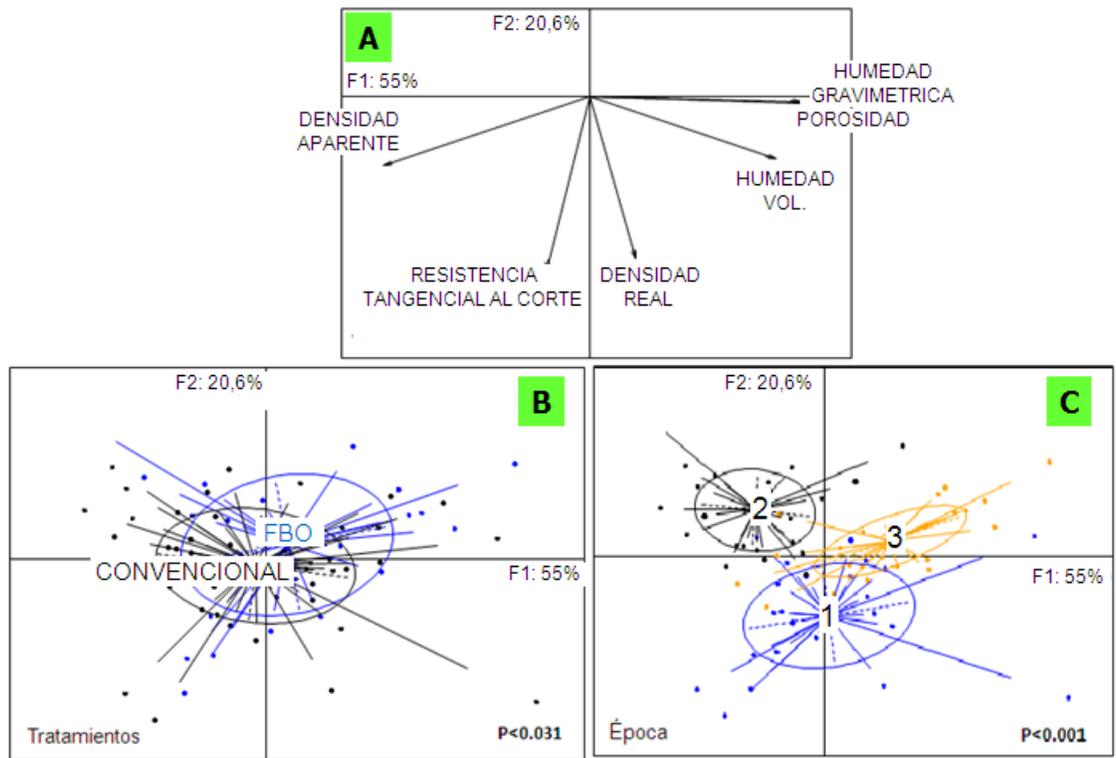
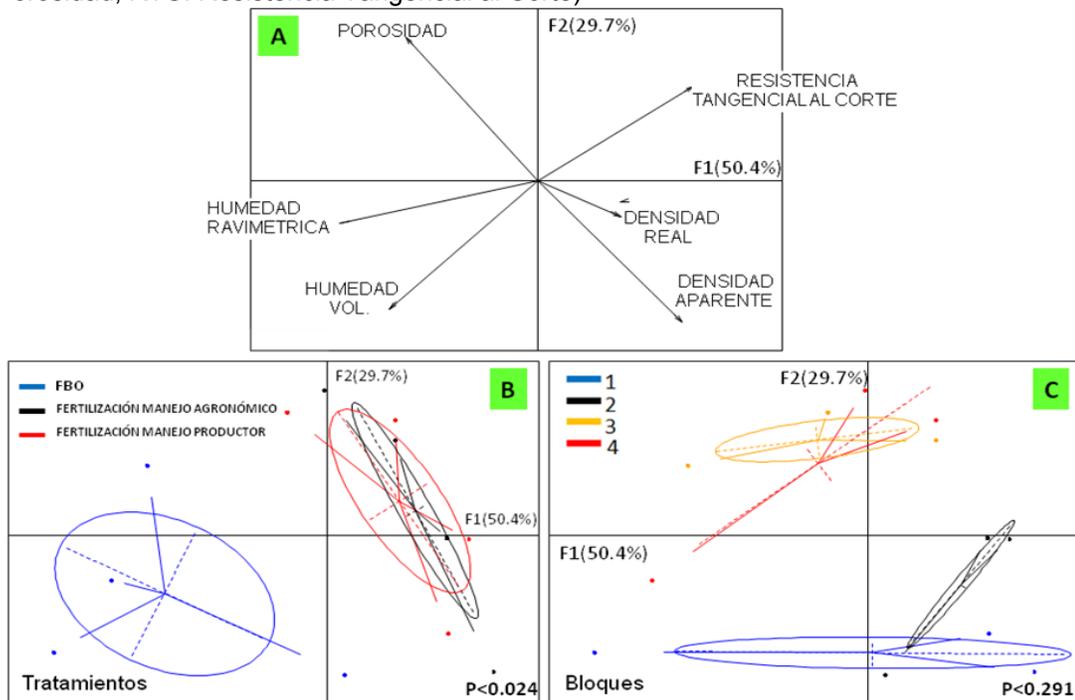
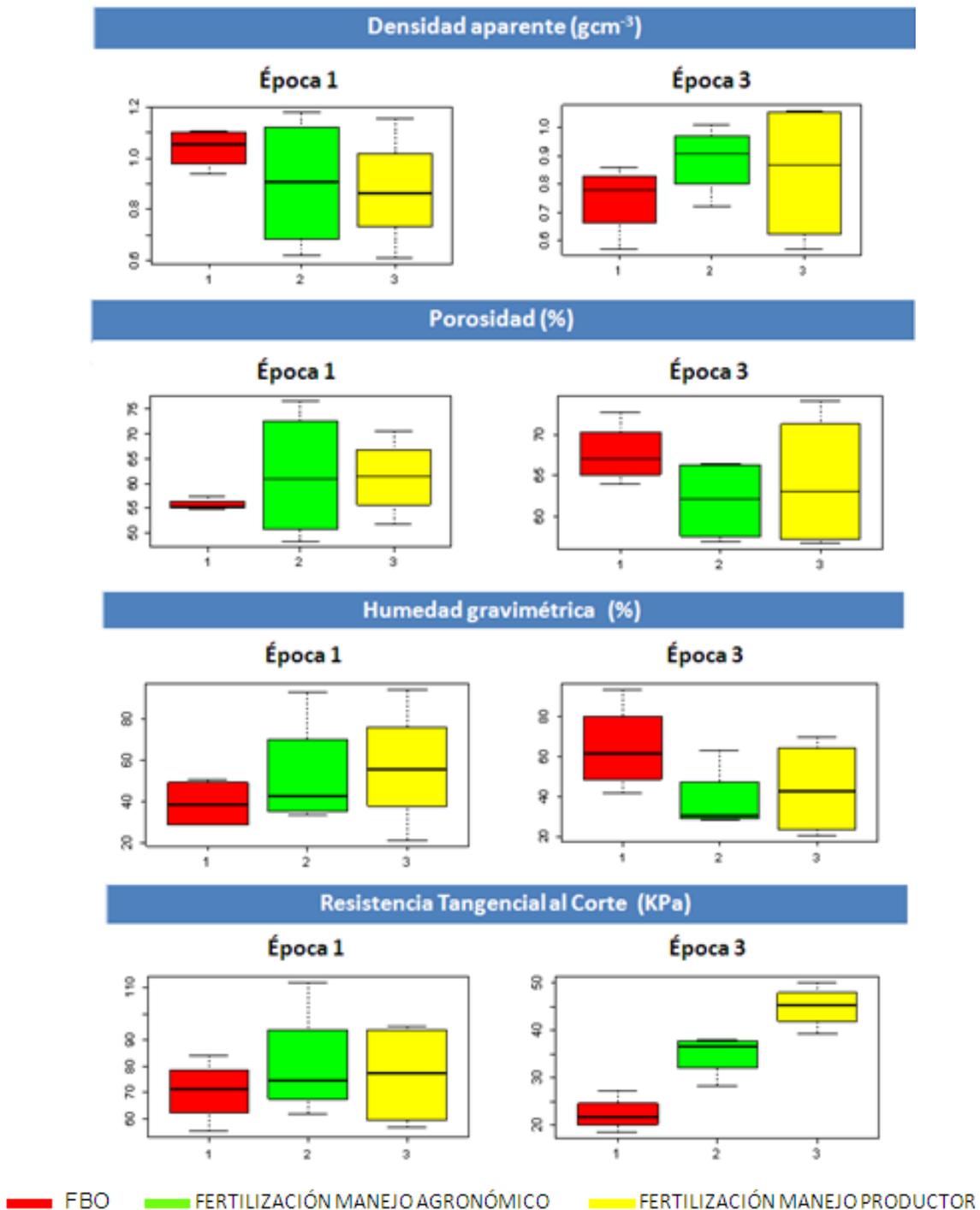


Figura 4-2: ACP para las variables físicas del suelo en el cultivo de limón, en la época tres. (Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; W: Humedad gravimétrica; Θ : Humedad volumétrica; η : Porosidad; RTC: Resistencia Tangencial al Corte)



Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-3: Boxplot para las variables Da: Densidad aparente; W: Humedad gravimétrica; η : Porosidad y RTC: Resistencia Tangencial al Corte, en el cultivo de tangelo, durante las épocas una y tres.



4.2 Análisis de propiedades químicas del suelo

Se analizaron 15 variables químicas del suelo, representadas por macroelementos, microelementos, Capacidad de Intercambio Cationico, pH y materia orgánica. Por lo general en el tiempo cero estos componentes se encontraban en un estado de normal a alto para los suelos de los dos cultivos a excepción del hierro que se encontraba en bajas cantidades y el cobre para los suelos del cultivo de tangelo (Anexo C). Para la época tres, al final del experimento el pH se mantuvo en un rango de ligeramente ácido (6,0-6,5) a prácticamente neutro (6,6-7,3) para los suelos del cultivo de tangelo y ligeramente ácido (6,0-6,5) para el cultivo de limón; el sodio subió con respecto al tiempo cero y el valor más alto (2,7 cmol/kg) lo presentó el tratamiento con fertilización basada en el análisis de suelo (Manejo agronómico) en el cultivo de tangelo, el cobre bajo (0,9 mg/kg en tangelo, 0,6 mg/kg en limón) para el tratamiento FBO en los dos cultivos y el hierro continuo siendo bajo. Los demás componentes tuvieron valores normales con respecto a los establecidos. (Anexo D)

4.3 Morfología del suelo

En la tabla 4-3 se presenta el rango, promedio y desviación estándar de los datos (peso en gr) obtenidos de la separación de los agregados de una muestra de suelo de 10x10x10 cm tomada en cada tratamiento, durante las tres épocas: época inicial 1 (sin tratamientos), seis meses (época 2) y doce meses (época 3) para el cultivo de limón y tangelo respectivamente.

En el cultivo de tangelo el tratamiento FBO presentó los valores promedios más altos de los agregados de origen biológico (AB) en la época dos (475g) y de invertebrados en la época tres (33,20g); el tratamiento tres en la época dos presentó el mayor valor promedio (24,4g) para los agregados de origen físico (AF). El tratamiento FBO tuvo los valores más bajos de suelo sin agregar en las épocas dos y tres (385 y 322g respectivamente).

En el cultivo de limón el tratamiento FBO presentó los valores promedios más altos de los agregados de origen biológico (AB) en la época dos (550,20g) y de invertebrados en la época tres (49,80g). El tratamiento FBO tuvo los valores más bajos de suelo sin agregar en las épocas dos y tres (371 y 196 g respectivamente).

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Tabla 4-3: Diferentes constituyentes del suelo para los cultivos de tangelo y limón. Agregados según su origen: Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (AR); otros constituyentes: invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).

Cultivo	Época	Tratto*	(n=4)	AB	AF	AR	Inv	MO	P	SsA
Tangelo	1	1	R	191-466	0-41	1-2	13-18	1-7	0-339	244-760
			M	269,40	11,00	1,40	14,00	3,20	104,40	451,20
			Desv. Std	122,82	19,33	0,58	2,50	2,75	163,22	280,59
Tangelo	1	2	R	157-520	0-30	0-9	7-14	1-5	3-329	287-890
			M	256,80	9,00	2,40	9,00	2,40	79,00	441,40
			Desv. Std	170,25	13,15	4,08	3,32	1,71	155,87	279,53
Tangelo	1	3	R	63-405	0-21	0,5-3	4-17	2-13	0-277	300-680
			M	257,20	9,40	1,80	8,80	5,20	77,20	423,80
			Desv. Std	163,21	8,73	1,18	5,48	4,83	130,84	184,83
Tangelo	2	1	R	349-662	0-4	1-3	0-37	1-4	19-143	315-487
			M	475,00	0,80	1,40	18,80	2,20	75,20	385,40
			Desv. Std	142,24	2,00	1,00	16,18	1,29	51,87	71,05
Tangelo	2	2	R	339-521	0-7	0-2	2-14	1-4	1-279	348-600
			M	404,40	3,40	0,80	7,00	1,80	101,60	453,00
			Desv. Std	92,64	3,40	0,82	5,06	1,41	123,16	136,97
Tangelo	2	3	R	253-572	0-113	0-1	11-33	1-3	0-348	265-526
			M	376,20	24,40	0,60	16,60	2,20	120,80	387,20
			Desv. Std	155,38	55,16	0,50	10,23	1,00	166,40	113,07
Tangelo	3	1	R	305-567	0-7	2-28	18-75	2-5	3-176	220-491
			M	366,20	1,40	8,40	33,20	3,20	60,80	322,60
			Desv. Std	124,97	3,50	12,08	26,65	1,29	73,07	139,72
Tangelo	3	2	R	180-365	0-0	10-21	2-20	5-9	59-522	371-453
			M	284,00	0,00	13,80	8,20	6,20	177,60	416,20
			Desv. Std	87,75	0,00	4,86	8,02	1,73	216,11	38,39
Tangelo	3	3	R	197-480	0-41	1-48	11-20	3-9	0-237	267-680
			M	316,80	16,00	15,40	14,40	4,60	67,00	403,00
			Desv. Std	125,23	20,05	20,90	4,43	2,71	109,72	173,93
Limón	1	1	R	18-593	0-1	0-8	4-17	1-3	4-512	431-768
			M	244,40	0,20	2,60	8,20	1,60	188,80	570,20
			Desv. Std	265,01	0,50	3,40	5,56	0,96	238,68	146,32
Limón	1	2	R	141-656	0-0	1-10	2-32	0,5-5	0-208	324-694
			M	348,20	0,00	4,00	11,80	1,70	76,10	497,60
			Desv. Std	224,82	0,00	4,50	12,71	2,12	110,53	173,78
Limón	1	3	R	307-636	0-5	0-5	7-32	0,5-3	1-237	276-541
			M	454,00	1,00	2,60	16,80	1,10	57,00	414,20
			Desv. Std	151,00	2,50	2,36	10,21	1,19	112,59	117,85
Limón	2	1	R	496-746	0-0	1-4	0-62	1-12	22-127	254-497
			M	550,20	0,00	2,00	15,60	5,20	60,80	371,00
			Desv. Std	121,61	0,00	1,50	28,77	5,12	43,35	109,58
Limón	2	2	R	363-580	0-5	1-6	4-22	1-11	13-358	317-529
			M	446,20	1,20	2,60	9,80	5,40	115,60	375,20
			Desv. Std	93,61	2,38	2,16	7,63	4,80	150,55	95,88

Tabla 4-3: Diferentes constituyentes de suelo para los cultivos de tangelo y limón. Agregados según su origen: Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (AR); otros constituyentes: invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).

Cultivo	Época	Tratto*	(n=4)	AB	AF	AR	Inv	MO	P	SsA
Limón	2	3	R	189-595	0-1	1-3	11-30	1-4	1-537	339-499
			M	374,40	0,20	1,80	20,80	2,80	129,60	407,00
			Desv. Std	181,37	0,50	0,82	8,73	1,50	255,06	75,57
Limón	3	1	R	385-555	0-8	2-7	16-100	3-7	20-118	131-280
			M	452,20	2,60	4,00	49,80	4,40	61,60	196,80
			Desv. Std	70,48	3,95	2,08	34,99	1,71	41,98	63,83
Limón	3	2	R	249-625	0-11	0-15	8-15	2-5	3-642	263-420
			M	393,60	3,20	7,80	10,40	3,60	153,00	312,20
			Desv. Std	158,35	5,23	6,85	2,94	1,41	302,47	72,71
Limón	3	3	R	285-512	0-0	0-11	8-31	1-11	7-255	356-476
			M	381,00	0,00	5,80	15,80	5,40	74,40	389,40
			Desv. Std	98,41	0,00	4,90	9,64	4,43	111,18	53,46

n=número de datos para : R = Rango ; P= Promedio; Desv.Std= Desviación estándar

*Descripción de los tratamientos(Tratto): Tratamiento 1= Fertilización Bio Orgánica (FBO);

Tratamiento 2= Fertilización Manejo Agronómico;

Tratamiento 3= Fertilización Manejo Productor

La figura 4-4 representa el análisis multivariado (ACP) para las variables morfológicas del suelo en los dos cultivos, se observa que los factores 1 y 2 explican el 53.0% de la variabilidad total de los datos(33.2 y 19.8% respectivamente). No hubo efecto significativo en los bloques ($P < 0,530$).

El ACP de las variables morfológicas para el cultivo de limón en las tres épocas (figura 4-5) no mostro diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.678$) pero se puede observar una tendencia del tratamiento FBO a tener mayor proporción de agregados biológicos (AB) y menor cantidad de suelo sin agregar. Se observa además una diferencia significativa a nivel de bloques ($p < 0.037$).

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-4 Morfología del suelo para los dos cultivos. Agregados según su origen: Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (AR); otros constituyentes: invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).

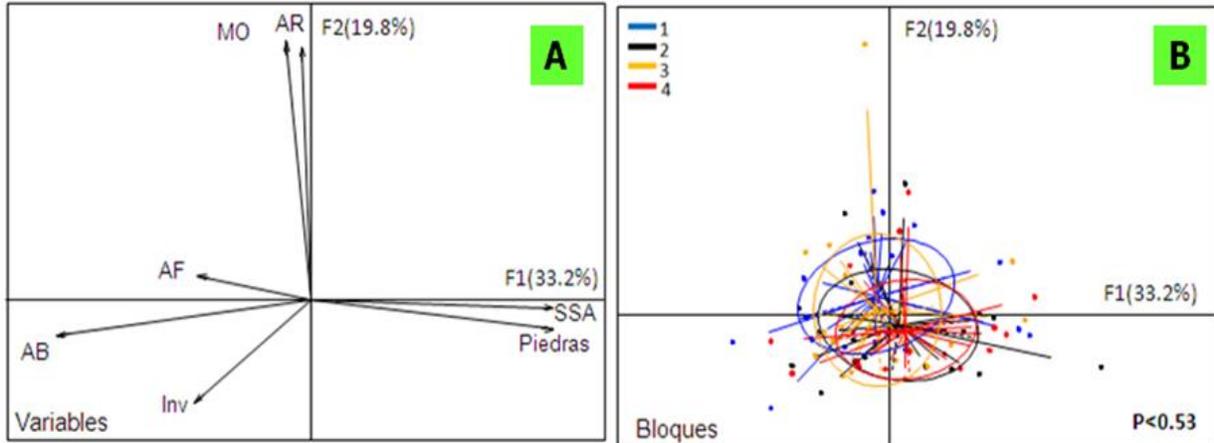
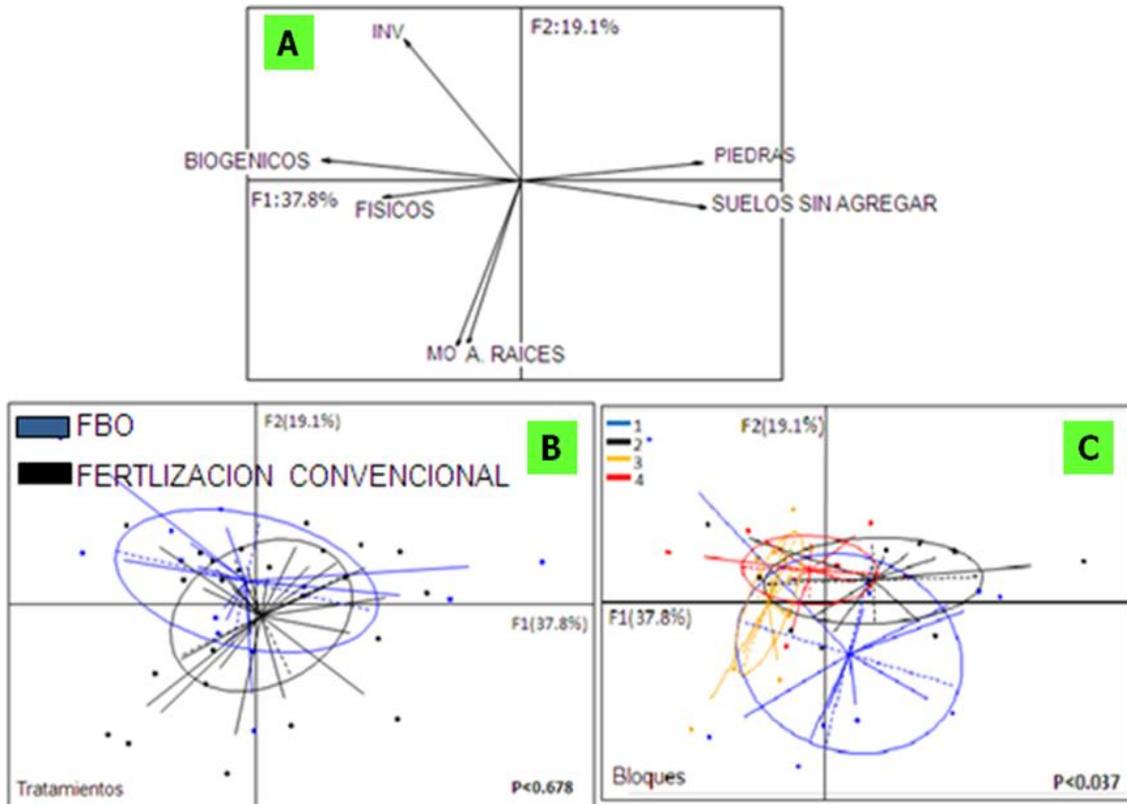
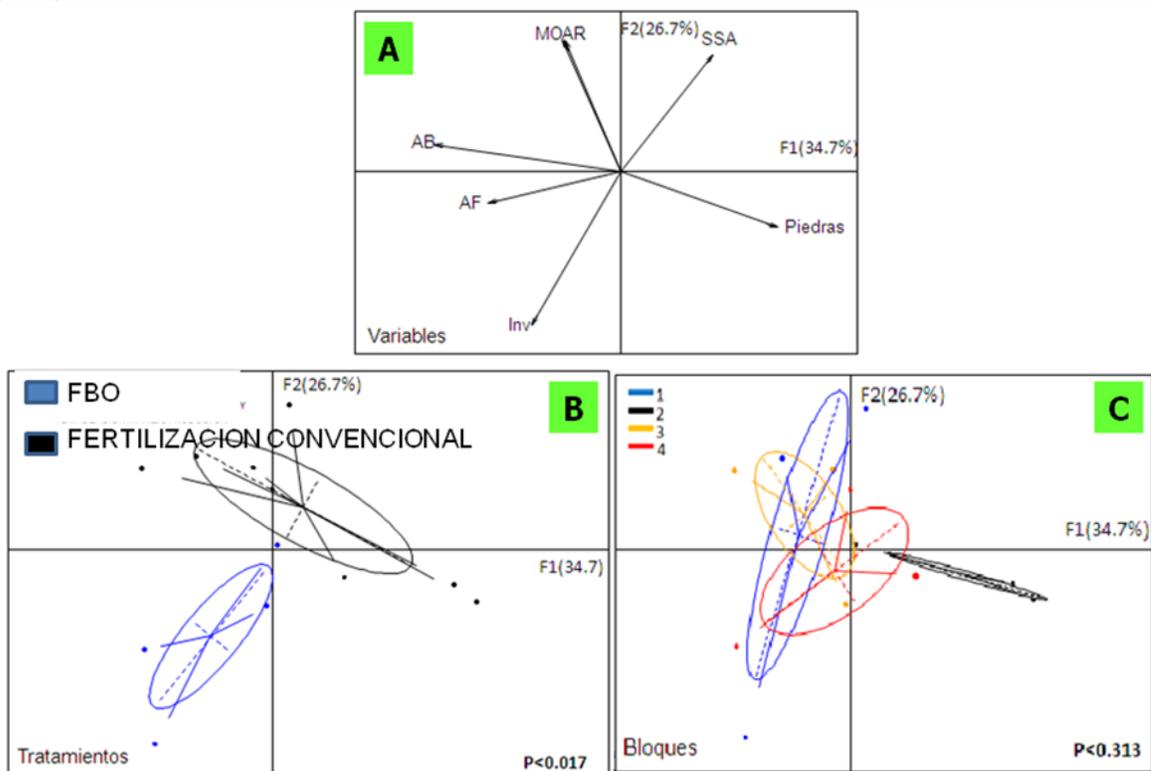


Figura 4-5 Morfología del suelo para el cultivo de limón en tres épocas. Agregados según su origen: Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (AR); otros constituyentes: invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).



Se realizó además, un ACP para el cultivo de limón en la época tres en la cual se observó una clara diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.017$). El factor 1 (34.7%) separa el tratamiento FBO con mayor proporción de agregados biológicos (AB) y menor proporción de suelo sin agregar, contrario a los tratamientos convencionales con mayor contenido de suelo sin agregar. Se observó diferencia significativa entre los bloques ($p < 0.313$), como se ilustra en la Figura 4-6.

Figura 4-6. Morfología del suelo para el cultivo de limón en la época tres. Agregados según su origen: Biogénicos (AB), Físicos (AF), Raíz (AR); otros constituyentes: invertebrados del suelo (Inv), materia orgánica (MO), piedras (P), suelo sin agregar (SsA).



4.4 Macrofauna del suelo

La Tabla 4-4 (Anexo E) contiene la densidad (individuos/m²) de macrofauna del suelo en el cultivo de limón en las tres épocas. Se destacan: la alta densidad promedio de lombrices endógenas y epigeas en el tratamiento FBO en las épocas 2 y 3 (1652 y 396 individuos/m² respectivamente); la alta densidad promedio de hormigas (1924

individuos/m²) en el tratamiento dos (fertilización según análisis químico del suelo) en la época dos y la alta densidad promedia de diplópodos en el tratamiento FBO en la época tres (1948 individuos/m²).

La Tabla 4-5 (Anexo F) contiene la densidad (individuos/m²) de macrofauna del suelo en el cultivo de tangelo en las tres épocas. Se destacan: la alta densidad promedia de lombrices endogeas y epigeas y de diplópodos en el tratamiento FBO en la época 2 (880, 56, 1468 individuos/m² respectivamente) y la alta densidad promedia de hormigas en la época 1 (1756 individuos/m²) y en la época 3 (tratamiento 3 con 1224 individuos/m²).

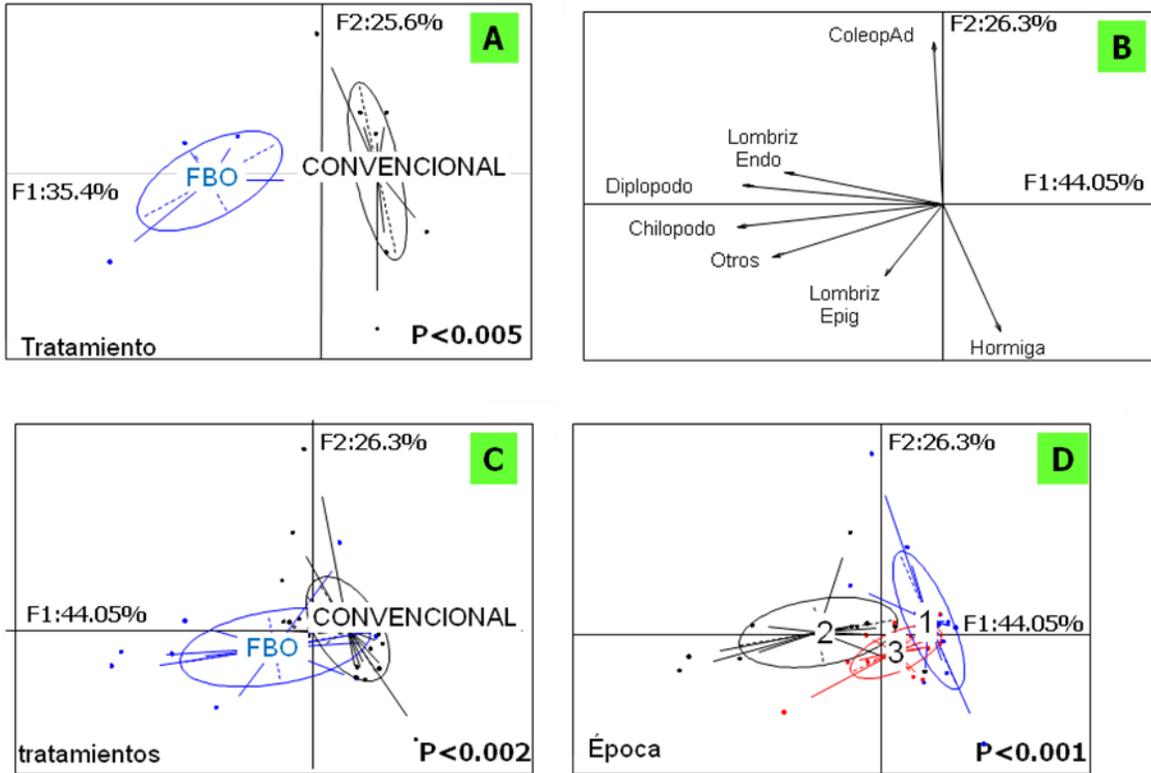
Se presentan a continuación los Análisis de Componentes Principales (ACP) mas destacados de la densidad de macrofauna del suelo en el cultivo de tangelo. En el cultivo de limón no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

La figura 4-7 representa el ACP de la densidad de macrofauna del suelo (individuos/m²) para el cultivo de tangelo en las tres épocas. Se observa una significativa separación de los tratamientos ($p < 0.018$). El factor 1 explica el 44.0% de la variabilidad total de los datos y separa los tratamientos en función de la abundancia y diversidad de macrofauna del suelo. A través del tiempo el tratamiento FBO tuvo mayor abundancia de lombrices y descomponedores de hojarasca (diplópodos, chilopodos y otros) y menor densidad de hormigas, contrario a lo observado en los tratamientos dos y tres.

Los bloques y las épocas también tuvieron diferencias significativas ($p < 0.025$ y $p < 0.001$ respectivamente). Se destaca la época dos con la mayor abundancia y diversidad de fauna del suelo en el tratamiento FBO.

Figura 4-7 Densidad de Macrofauna del suelo (individuos/m²) para el cultivo de tangelo en las tres épocas.

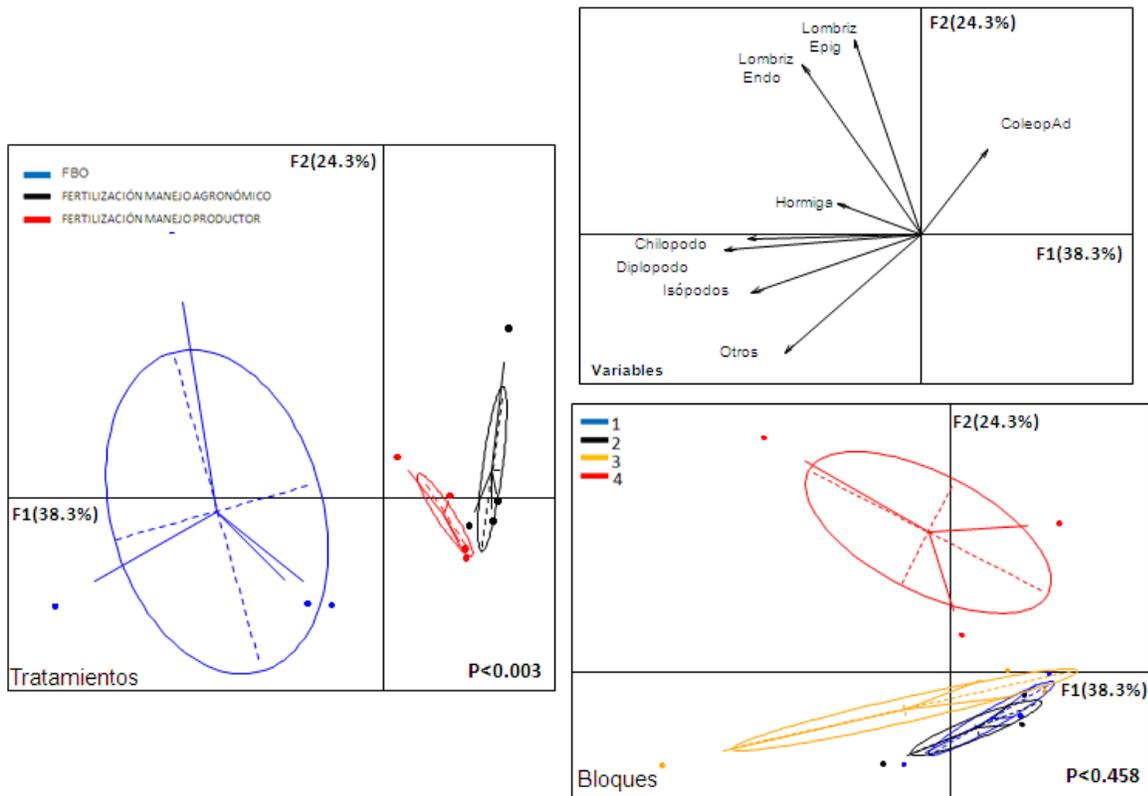
Época 3



A continuación se presenta el ACP para el cultivo de tangelo en la época dos (figura 4-8). El primer factor explica el 38.3% de la variabilidad total de los datos y separa de forma significativa los tratamientos, destacándose el tratamiento FBO con mayor abundancia de lombrices y descomponedores de hojarasca (diplópodos, chilopodos y otros) y menor densidad de hormigas, contrario a lo observado en los tratamientos dos y tres. Se observa además, que desaparece la diferencia entre bloques ($p < 0.458$).

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-8 Densidad de Macrofauna del suelo (individuos/m²) para el cultivo de tangelo en la época dos.



4.5 Producción de frutas y calidad del producto

La producción promedio por árbol, durante el año que duro el experimento, alcanzo 793 frutos con un peso total de 118 Kg para tangelo o sea 47.2 Mg ha⁻¹; para el limón 2558 frutos con un peso de 79 kg, o sea 31,6. Mg ha⁻¹. (Tablas 4.6 y 4.7) (Anexo G y H). Estos valores superan los valores de rendimiento tanto a escala de Colombia (21,7 Mg ha⁻¹ en el 1990) que del mundo entero (14,1 Mg ha⁻¹ en el año 1990). La producción vario mucho entre los arboles con mínimos respectivos de 40 a 5920 frutos en el limón (8,8 a 200.2

kg) y 185 a 6478 en tangelo (7,8 a 228,1 kg). Estas producciones están en la categoría de los rendimientos medios, entre 70 y 185 kg por árbol definidos por la asociación Colombiana Asohofrucol (<http://www.frutisitio.org/rendimiento-del-cultivo-de-citricos-en-colombia-resultados-preliminares/>).

La calidad de la producción también vario mucho. Por ejemplo, el grado Brix 5 que mide la proporción de azúcares en tangelos maduros vario de 8,2 a 14,7 con un promedio de 9,3. Mientras que en el limón, la acidez de frutos comercializables (estado 3) vario de 4,7 a 7,6% con un promedio de 6,3% (Tabla 4.6 y 4.7).

4.5.1 Cultivo de tangelo

Se midió la producción y la calidad de los frutos tangelos producidos en el tiempo cero de la experimentación, antes de aplicar los tratamiento (Tabla 4-8)

Tabla 4-8 Parámetros de producción, calidad de los frutos de tangelo y antracnosis en el tiempo cero

Variable	Tiempo cero	Bloque	Tiempo cero x bloque
GB5	0,31	0,66	0,74
% A5	0,28	0,53	0,41
IM5	0,35	0,76	0,95
GB4	0,44	0,11	0,63
%A4	0,70	0,56	0,61
IM4	0,29	0,36	0,80
No frutos	0,44	0,30	0,16
Peso	0,38	0,28	0,06*
% Inc Antracnosis	0,15	0,78	0,36

*** P ($\infty < 0.01$) Altamente significativo

** (0,01 < P < 0,05) Significativo al 5 %.

* (0,05 < P < 0,10) Casi significativo

GB5= Grados brix color de fruto 5; GB4= Grados brix color de fruto 4; %A5=% Acidez color de fruto 5;

%A5=% Acidez color de fruto 5; IM5= Índice de madurez color de fruto5; IM4= Índice de madurez color de

fruto 4;Peso=Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

Algunos parámetros de la producción y calidad de frutos mostraron diferencias significativas a nivel de bloque, seis meses después de iniciar la aplicación de los tratamientos (Tabla 4-9). También hubo diferencia significativa entre los tratamientos

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

($p=0.079$) en la variable IM4 (Índice de madurez color de fruto 4), esta variable es muy importante en la comercialización del fruto, siendo el tratamiento 3 el que mostro mayores valores en esta variable

Tabla 4-9 Efecto de los tratamientos, de los bloques y de su interacción sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de tangelo y antracnosis a los seis meses de experimentación.

Variable	Tratamiento	Bloque	tratamiento x bloque
GB5	0,40	0,05**	0,70
% A5	0,56	0,02**	0,25
IM5	0,35	0,20	0,87
GB4	0,80	0,12	0,54
%A4	0,63	0,28	0,69
IM4	0,08*	0,05*	0,04**
No frutos	0,60	0,01**	0,18
Peso	0,68	0,01**	0,34
% Inc Antracnosis	0,48	0,02**	0,73

*** $P (\infty < 0.01)$ Altamente significativo

** $(0.01 < P < 0.05)$ Significativo al 5 %.

* $(0.05 < P < 0.10)$ Casi significativo

GB5= Grados brix color de fruto 5; GB4= Grados brix color de fruto 4; %A5=% Acidez color de fruto 5;

%A5=% Acidez color de fruto 5; IM5= Índice de madurez color de fruto5; IM4= Índice de madurez color de fruto 4; Peso= Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

A los seis meses, también, se observó un efecto significativo ($p = 0,016$) en los bloques para la variable incidencia de antracnosis, con el valor mayor (52.87%) en el bloque 3 y el menor (39.31%) en el bloque 1 (tabla 4-10).

A los doce meses aparece un efecto a nivel de tratamientos ($p = 0.08$) y bloques ($p=0.09$) sobre el porcentaje de acidez en frutos de color 4 (estado de comercialización) (Tabla 4-11). La variación en los valores se puede observar en la Figura 4-9.

Tabla 4-10 Variaciones entre los bloques de los valores promedios de la incidencia de la antracnosis en tangelos a los 6 meses de la experimentación; (test ANOVA: $p = 0,016$)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.				
Duncan Agrupamiento		Media	N	Bloq
	A	52.873	9	3
	A			
B	A	49.243	9	1
B				
B	C	41.217	9	2
	C			
	C	39.307	9	4

Tabla 4-11 Efecto de tratamientos, bloques y su interacción sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de tangelo y antracnosis a los doce meses de experimentación.

Variable	Tratamiento	Bloque	tratamiento x bloque
GB5	0,92	0,58	0,32
% A5	0,89	0,25	0,72
IM5	0,75	0,90	0,04**
GB4	0,33	0,29	0,12
%A4	0,08*	0,09*	0,20
IM4	0,67	0,43	0,01**
No frutos	0,18	0,30	0,35
Peso	0,36	0,96	0,81
% Inc Antracnosis	0,50	0,08*	0,71

*** $P (\infty < 0,01)$ Altamente significativo

** $(0,01 < P < 0,05)$ Significativo al 5 %.

* $(0,05 < P < 0,10)$ Casi significativo

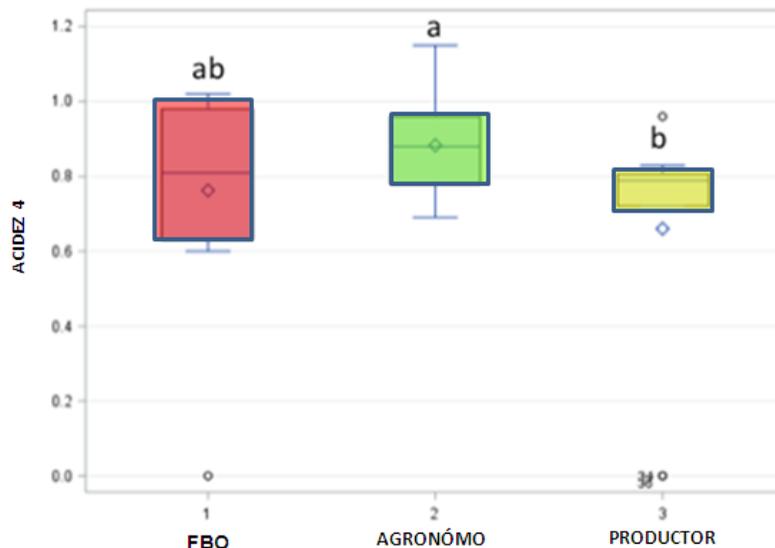
GB5= Grados brix color de fruto 5; GB4= Grados brix color de fruto 4; %A5=% Acidez color de fruto 5;

%A5=% Acidez color de fruto 5; IM5= Índice de madurez color de fruto 5; IM4= Índice de madurez color de

fruto 4; Peso= Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

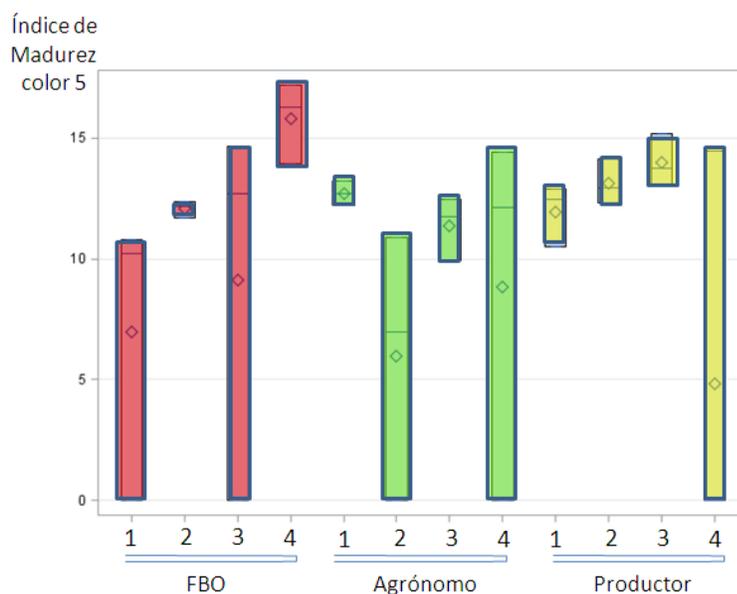
Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-9 Distribución de la acidez en frutos maduros(color 4)entre los tratamientos a los 12 meses. (diferencia significativa indicada por letras diferentes, $p < 0,05$).



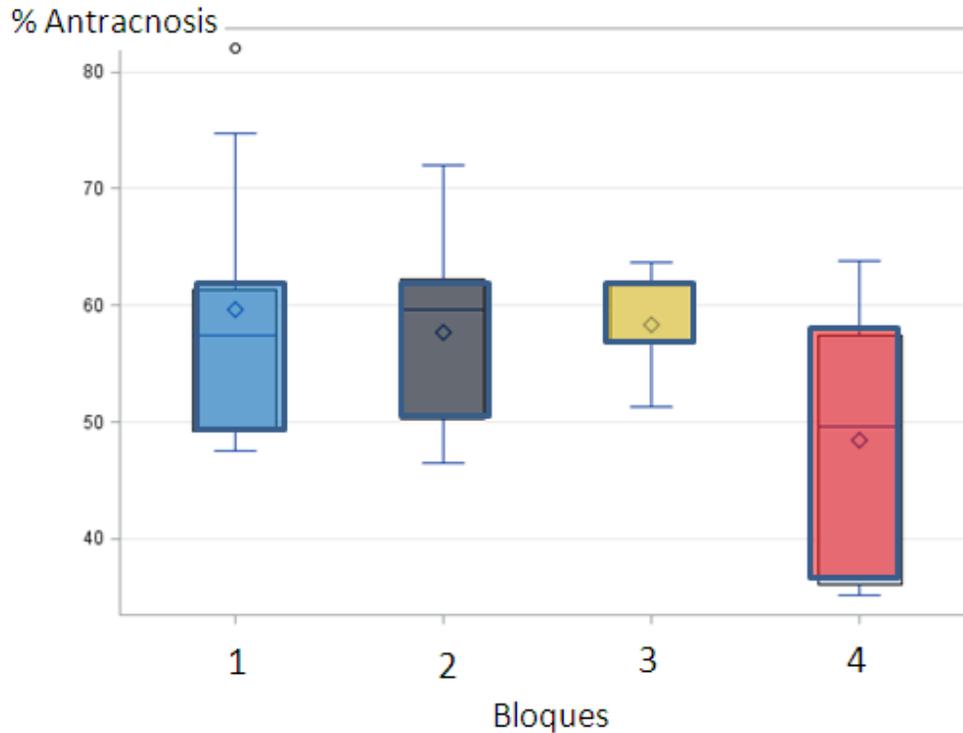
Los indicadores de madurez 4 y 5 están significativamente afectados por la interacción entre tratamientos y bloques ($P < 0.05$).

Figura 4-10 Distribución del índice de madurez en frutos de color 5 entre los tratamientos y bloques (1; 2; 3; 4) a los 12 meses de experimentación.



Finamente se observó una incidencia de antracnosis de 48,5% en el bloque 4 , menor que la observada en los demás bloques (57,7 a 59,6 %; figura 4-10)

Figura 4-11 Distribución de antracnosis por bloque



4.5.2 Cultivo de limón

Al inicio del experimento, se observaron diferencias significativas, a nivel de bloques, en todos los parámetros de la producción, con excepción de los indicadores de madurez, (Tabla 4-12). El bloque 3 tuvo los mejores valores para todas las variables de calidad con excepción de los indicadores de madurez. Las mayores producciones se observaron en el bloque 4 a pesar de tener la mayor incidencia de antracnosis (35.0%) (Tabla 4-13). El bloque 1, tuvo los valores menores para todas las variables, menos la incidencia de antracnosis.

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Tabla 4-12 Parámetros de producción, calidad de los frutos de limón y antracnosis en el tiempo cero

Variable	Tiempo cero	Bloque	Tiempo cero x bloque
GB3	0,30	0,004***	0,24
% A3	0,94	0,04**	0,51
IM3	0,35	0,87	0,14
GB2	0,36	0,01**	0,41
%A2	0,80	0,02**	0,96
IM2	0,71	0,58	0,65
No frutos	0,36	0,05*	0,68
Peso	0,43	0,06*	0,82
% Inc Antracnosis	0,94	0,09*	0,26

*** P ($\infty < 0,01$) Altamente significativo

** (0,01 < P < 0,05) Significativo al 5 %.

* (0,05 < P < 0,10) Casi significativo

GB3= Grados brix color de fruto 3; GB2= Grados brix color de fruto 2; %A3=% Acidez color de fruto 3;%A2=% Acidez color de fruto 2; IM3= Índice de madurez color de fruto 3; IM2= Índice de madurez color de fruto 2; Peso=Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

Tabla 4-13 Comparación de incidencia de la antracnosis entre los bloques del cultivo de limón. (Prueba de Duncan. Tratamientos con letras diferentes son diferentes; $p < 0,05$).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.				
Duncan Agrupamiento	Media	N	rep	
	A	35.069	9	4
	A			
B	A	33.137	9	2
B	A			
B	A	31.163	9	1
B				
B		27.244	9	3

A los seis meses hubo diferencias entre los tratamientos a nivel de la calidad de los frutos: los grados Brix en frutos de color 3 (listos para la comercialización) ($p=0,06$) y el porcentaje de acidez en frutos de color 3 ($p=0,08$) (Tabla 4-14). El efecto de bloque se observa también, con valores máximos en el bloque 4 para grados brix de frutos maduros (color 2 y 3) y el porcentaje de acidez de fruto maduros de color 3. Existe también una interacción de tratamiento por bloque para grados brix de frutos maduros (color 3).

Tabla 4-14 Efecto del tratamiento en la época dos sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de limón en la incidencia de la antracnosis

Variable	Tratamiento	Bloque	tratamiento x bloque
GB3	0,05*	0,02**	0,04**
% A3	0,07*	0,02**	0,13
IM3	0,31	0,20	0,51
GB2	0,15	0,02**	0,16
%A2	0,09*	0,22	0,98
IM2	0,51	0,37	0,53
No frutos	0,63	0,72	0,82
Peso	0,67	0,56	0,69
% Inc Antracnosis	0,84	0,25	0,69

*** P ($\infty < 0.01$) Altamente significativo

** ($0,01 < P < 0,05$) Significativo al 5 %.

* ($0,05 < P < 0,10$) Casi significativo

GB3= Grados brix color de fruto 3; GB2= Grados brix color de fruto 2; %A3=% Acidez color de fruto 3; %A2=%

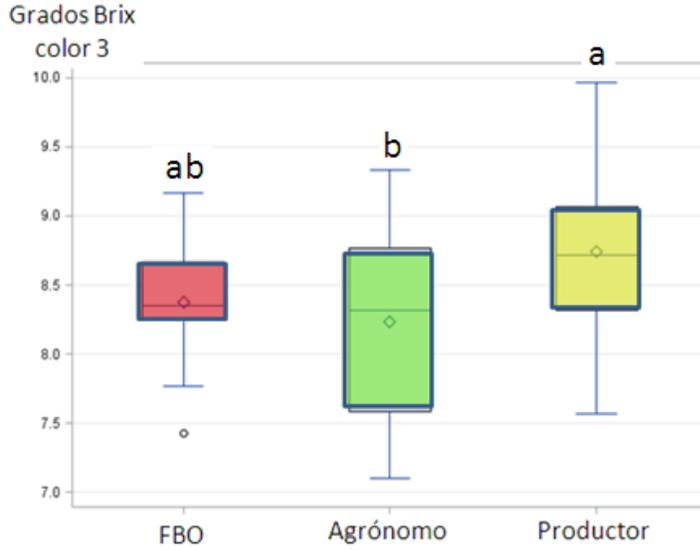
Acidez color de fruto 2; IM3= Índice de madurez color de fruto 3; IM2= Índice de madurez color de fruto 2;

Peso=Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

El grado Brix para frutos de color 3 fue máximo en el tratamiento 3 (productor) y significativamente diferente del tratamiento 2 pero no del tratamiento FBO. (figura 4-11)

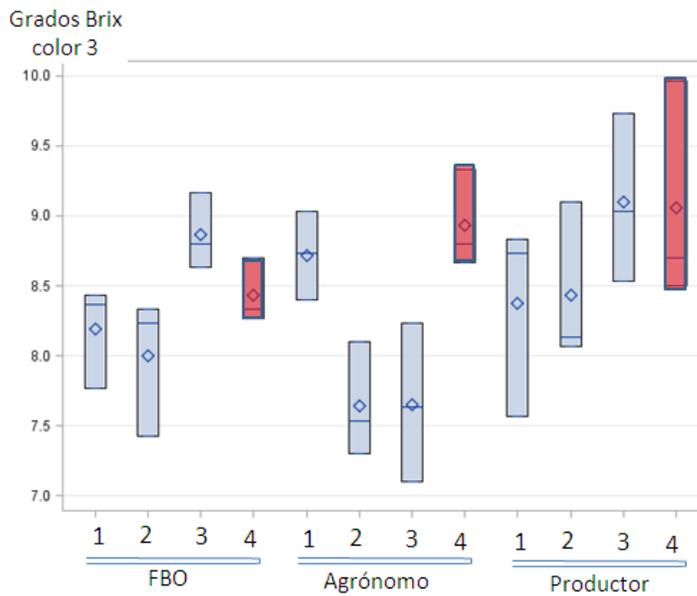
Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-11 Distribución de los valores de grados brix en frutos de limón entre los tratamientos a los 6 meses de la experimentación



La interacción significativa entre bloques y tratamientos se ilustra en la figura 4.12..

Figura 4-12 Distribución de los grados brix color de fruto 3 y la interacción tratamiento por bloque para la época 2



La acidez no resulto ser significativamente diferente entre los tratamientos de acuerdo al test de Duncan (tabla 4-15).

Tabla 4-15 Prueba de rango múltiple de Duncan para porcentaje de acidez en limones maduros (color 3) a los seis meses de la experimentación.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.			
Duncan Agrupamiento	Media	N	trat
A	5.8650	12	3
A			
A	5.5367	12	1
A			
A	5.5333	12	2

A los doce meses de la experimentación, se observan marcadas diferencias en el número de frutos pero no en el peso de estos, a nivel de los tratamientos (Tabla 4-16; Figura 4-13). El tratamiento del productor presento el mayor número de frutos; sin embargo, son frutos más pequeños, lo que indica la falta de diferencia en el peso. El efecto de bloques muestra una oposición entre el 4 que produjo más y el 1 que tuvo la menor producción. La incidencia de antracnosis fue mayor en el bloque 1 y menor en los bloques 4 y 3.

Tabla 4-16 Efecto del tratamiento en la época tres sobre los parámetros de producción, calidad de los frutos de limón y antracnosis

Variable	Tratamiento	Bloque	tratamiento x bloque
GB3	0,32	0,60	0,09*
% A3	0,32	0,33	0,07*
IM3	0,87	0,39	0,41
GB2	0,52	0,34	0,67
%A2	0,62	0,53	0,80
IM2	0,81	0,29	0,64
No frutos	0,03**	0,0001***	0,95
Peso	0,20	<,0001***	0,99
%IncAntracnosis	0,30	0,001***	0,90

*** P ($\infty < 0.01$) Altamente significativo

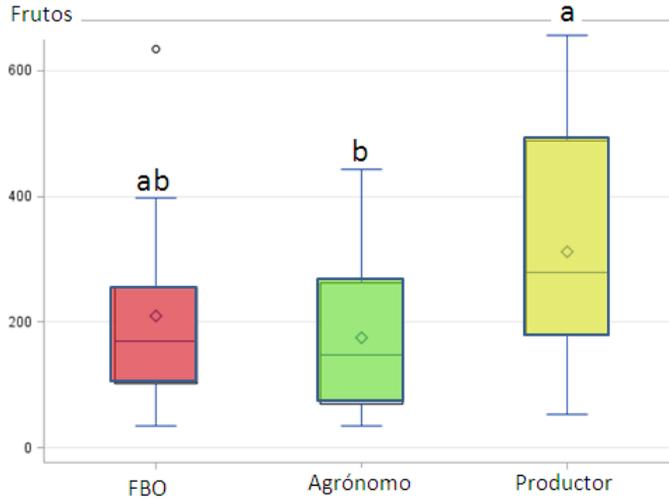
** (0,01 < P < 0,05) Significativo al 5 %.

* (0,05 < P < 0,10) Casi significativo

GB3= Grados brix color de fruto 3; GB2= Grados brix color de fruto 2; %A3=% Acidez color de fruto 3; %A2=% Acidez color de fruto 2; IM3= Índice de madurez color de fruto 3; IM2= Índice de madurez color de fruto 2; Peso=Peso frutos en Kg y % Inc Antracnosis= % índice de antracnosis

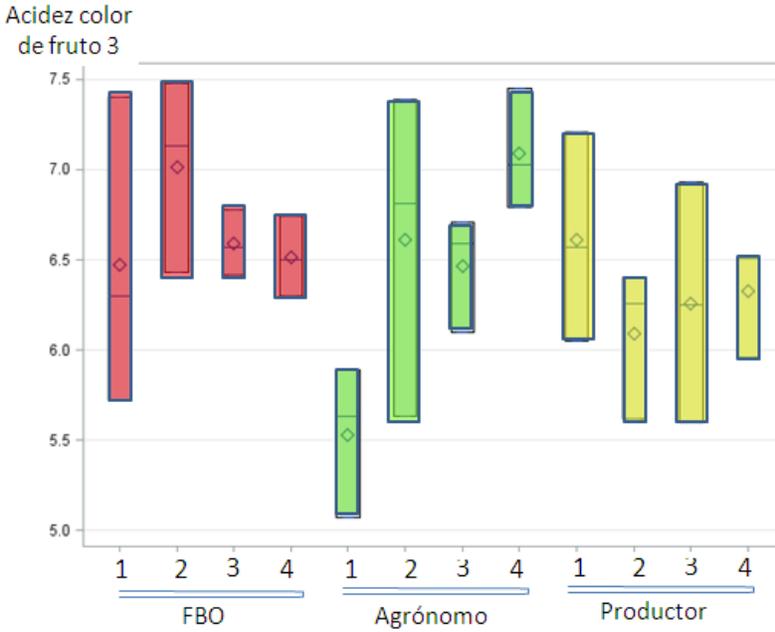
Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Figura 4-13 Variación del número de frutos producidos entre los tratamientos a los 12 meses de la experimentación.



La interacción observada entre la acidez en frutos maduros (color 3) entre bloques y tratamientos se traduce en respuestas diferentes a los tratamientos según los bloques (Figura 4-14).

Figura 4-14 Distribución del porcentaje de acidez color de fruto 3 para la interacción tratamiento por bloque en la época



Finalmente, existe un efecto de bloques para el porcentaje de incidencia de antracnosis que es mayor en el bloque 1 (56.1%) y menor (43.24) en el bloque 3 (Tabla 4-17).

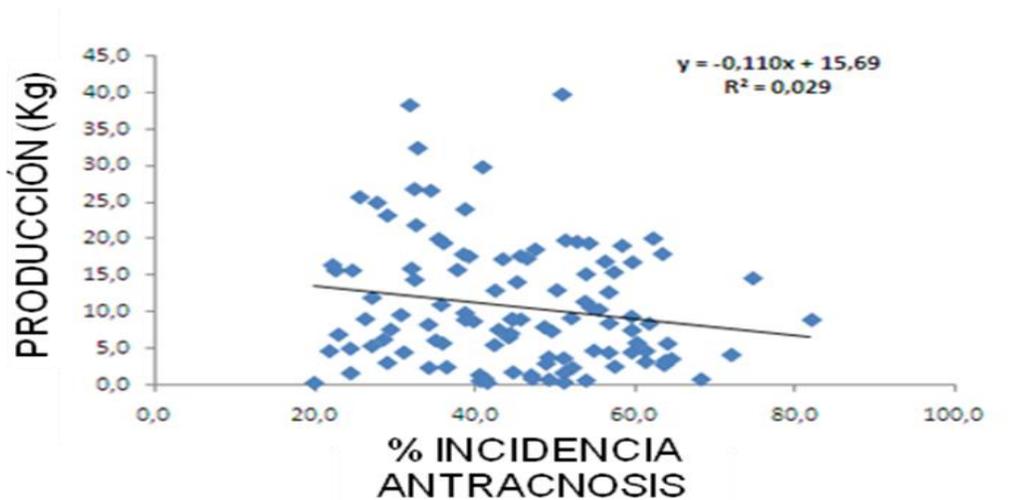
Tabla 4-17 Prueba de rango múltiple de Duncan para % de incidencia de antracnosis en los diferentes bloques, época 3

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.				
Duncan	Agrupamiento	Media	N	Bloq
	A	56.110	9	1
	A			
B	A	52.788	9	2
B				
B	C	46.896	9	4
	C			
	C	43.286	9	3

4.5.3 Relación entre antracnosis y producción

La antracnosis fue la única enfermedad que pudo afectar de forma significativa la salud de las plantas del experimento. Es interesante ver que en las condiciones de los experimentos, la gravedad de la enfermedad, medida por el % de incidencia, que llegó a valores de hasta el 40% no se relacionó con ningún efecto en la producción de tangelos (Figura4-15).

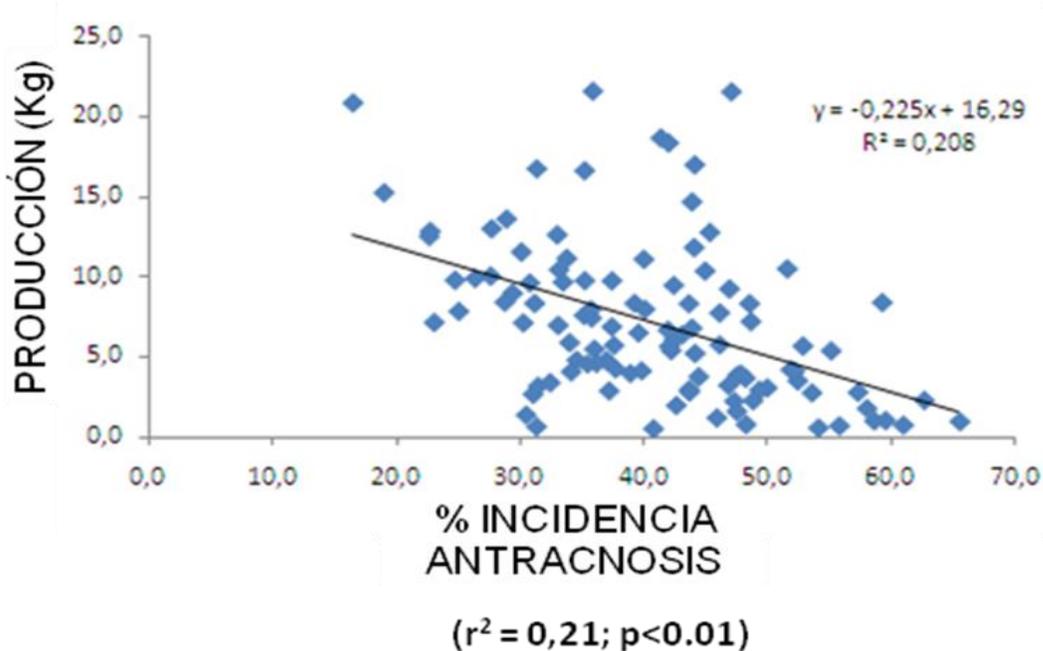
Figura 4-15 Relación del % de incidencia de antracnosis con la producción para tangelo



Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

En el cultivo de limón, la incidencia de la antracnosis fue mayor, con valores entre 20 y 70%. En este caso, se observó una correlación altamente significativa ($r^2 = 0,21$; $p < 0.01$). De hecho, la producción bajó a valores de menos de 5 kg por árbol cuando la incidencia pasaba de los 50% (Figura. 4-16).

Figura 4-16 Relación del % de incidencia de antracnosis con la producción para limón



4.6 Discusión

El método FBO fue patentado por primera vez en el 1996 y desde esta época no se ha difundido a gran escala a pesar de los resultados positivos de todas las experimentaciones (Senapati et al., 1996; Velásquez *et al.*, datos sin publicar). La experimentación en cultivos de cítricos permitió evaluar las ventajas y los inconvenientes de este método y reflexionar sobre el potencial de adopción de esta innovación

Modificaciones en el estado biológico y físico del suelo : El tratamiento FBO tuvo efectos significativos sobre el estado físico del suelo debido a una mayor densidad de lombrices y de otros invertebrados.

La época dos (seis meses después de aplicar los tratamientos) se caracterizó por ser relativamente seca (meses de julio y agosto 2013) lo cual influyó en una disminución de la porosidad del suelo, especialmente en el cultivo de tangelo. En los tratamientos dos y tres de este cultivo, se presentó una disminución en la porosidad del suelo, de 7.4% y 3.4% respectivamente. Sin embargo durante el mismo tiempo, el tratamiento de Fertilización Orgánica FBO aumento la porosidad promedia del suelo en un 6.7% y después de 12 meses de instalación, el aumento alcanzo 12.0%. Es un beneficio significativo para el suelo, ya que la porosidad es la responsable de la circulación del agua, del aire en el suelo y de almacenar agua dentro del mismo, esta propiedad influye grandemente en cualidades edáficas muy importantes como drenaje, infiltración, almacenamiento de agua, aireación y temperatura, entre otros. Este aumento de porosidad en el suelo se reflejó, también, en un aumento en la humedad del suelo.

Los suelos bajo el tratamiento FBO aumentaron la humedad gravimétrica en 23.4% entre el tiempo inicial y 12 meses después, contrario a lo que sucedió con los tratamientos dos y tres que tuvieron una disminución en el contenido de humedad de 14.9% y 13.0% respectivamente durante el mismo periodo. El mismo proceso se observó en el cultivo de limón.

En forma general el tratamiento FBO, además de mejorar el drenaje y la aireación del suelo, conserva más humedad para la planta y favorece el crecimiento de las raíces y la toma de nutrientes por parte de esta, lo cual representa una inversión a largo plazo en la calidad hídrica del suelo que se ve reflejada, además, en otras variables de igual importancia como la estructura del suelo y el aumento en la densidad y actividad de la macrofauna en el suelo. La estructura del suelo afecta también el crecimiento vegetal influenciando la distribución de las raíces y la capacidad de tomar agua y nutrientes (Pardo, et al., 2000; Rampazzo, et al 1998).

Los cambios en el estado hídrico del suelo correspondieron con cambios paralelos en la macroagregación. El tratamiento FBO aumento la proporción de agregados biogénicos, en ambos cultivos, producto de la actividad de la macrofauna del suelo, especialmente de las lombrices que se habían inoculado. En el cultivo de tangelo la densidad promedia de lombrices (indm^{-2}) en el FBO fue 5 veces mayor que en el tratamiento dos y dos veces mayor que en el tratamiento tres, alcanzando un valor muy elevado de > 500 individuos

m⁻². En el cultivo de limón hubo una relación semejante, la densidad de lombrices en el FBO fue cuatro y dos veces mayor que en los tratamientos dos y tres respectivamente. La macrofauna del suelo, especialmente los llamados Ingenieros del ecosistema, las lombrices, termitas y hormigas, se asocian fuertemente a la formación de la estructura del suelo y son determinantes importantes de los procesos del suelo que influyen en el ciclo de nutrientes, en la formación de agregados y en la permeabilidad del suelo (Lavelle, P, 1997;Lavelle, et al., 2006).

Este aumento en los agregados biogénicos es un aporte muy importante a la estructura del suelo que determina importantes propiedades en este, como la infiltración, retención de agua y almacenamiento de carbono (Velasquez, et al., 2006; Blanco-Canqui, H & Lal, R., 2004; Deneff, et al., 2001; Elliott, E.T & Coleman, D.C., 1988; Lavelle, et al., 2006). La estructura del suelo afecta el crecimiento vegetal influenciando la distribución de la raíz y la capacidad de tomar agua y nutrientes (Pardo, et al., 2000; Rampazzo, et al 1998).

En el tratamiento FBO la presencia de agregados biogénicos, así como de invertebrados y raíces, muestra una alta actividad biológica, lo cual indica una alta calidad en los procesos del suelo y una óptima regulación biológica en el funcionamiento del suelo (Blanchart, et al., 1999; Ponge, J.F., 1999; Topoliantz, et al., 2000; Velasquez, et al., 2007; Velasquez, et al., 2012 a; Velasquez, et al., 2012b). Otro aspecto muy importante de resaltar en ambos cultivos, fue que en el tratamiento FBO, la cantidad de suelo sin agregar, fue cerca de 2 veces inferior comparado con los tratamientos dos y tres.

Producción: Los niveles de producción no variaron entre los diferentes sistemas. De hecho, el tratamiento FBO permitió mantener la producción a niveles comparables a los convencionales 2 y 3. La única diferencia que se observó fue, en el cultivo de tangelo, con una menor acidez en el tratamiento 3 en comparación con el tratamiento 2, el tratamiento FBO mostro valores intermedios.

En la producción de limón se notó un alto efecto de los bloques sobre parámetros como la producción de frutos (mayor en el 4; menor en el 1) y la incidencia de antracnosis (mayor en el 1). El mayor número de frutos se observó en el tratamiento 3 pero no se

reflejó en peso, indicando que los frutos eran más pequeños. El tratamiento FBO mantuvo la producción de los sistemas más convencionales y así permitió una transición a un sistema orgánico sin pérdida de producción. Es un resultado, importante ya que muchas veces se ha reportado una disminución fuerte de la producción en tales circunstancias.

Es importante resaltar que en el año que duro el experimento no hubo eventos sobresalientes, ni de exceso de agua (con fuerte escorrentía y riesgo de erosión), ni de sequía. El mejoramiento sensible de la porosidad y macroagregación del suelo son una especie de seguro contra eventos extremos de este tipo que, a la hora de producirse pueden crear mucha diferencia en la producción y en el estado del suelo.

Antracnosis: Mientras no se observaba ninguna relación entre los niveles medidos de antracnosis y la producción en el cultivo de tangelo, una fuerte relación negativa se mira en el cultivo de limón donde algunos árboles con nivel de incidencia de casi 56% llegaron a producir menos de 5kg en el año que duro el experimento. La incidencia de antracnosis estuvo más ligada a efectos de bloques que de tratamientos, con mayor incidencia en suelos de peor calidad. El método FBO siempre se asoció a los valores menores de la incidencia, aunque no hayan sido significativos.

Aporte de nutrientes: El FBO aportó gran cantidad de nutrientes en forma orgánica, todos por encima de los aportados con fertilización química. Aunque a los seis meses se había descompuesto casi todo el material aportado en bolsas de malla (experimentación de "litter bags" no presentada aquí), no se tiene una idea clara de la proporción de nutrientes que fue utilizada por las plantas y en donde pasaron los nutrientes que las plantas no usaron.

Costo y evolución de la tecnología: El uso del FBO implicó costos adicionales (evaluados en 240 pesos kg de fruta), 5 veces más altos que el costo de la fertilización convencional. La mayor razón de este aumento fue la mano de obra (30%) utilizada en la realización de las zanjas. Una ventaja grande del método es que se utilizaron materiales de la finca: el abono verde de matarratón (*Gliricidia sepium*), el estiércol de una finca vecina (donde resulta ser una fuente de contaminación) y lombrices producidas in situ. En un contexto de creciente aumento del precio de los insumos y de preocupación por el costo ambiental

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

asociado a su producción y transporte, la autonomía que procura este método tendrá a cada vez más valor.

Existe una opción para disminuir mucho el costo de la mano de obra al tecnificar la elaboración de las zanjas utilizando herramientas mecánicas apropiadas. De todos modos, no obstante el aumento significativo del costo del FBO, el aumento de 240 pesos por kg generado es todavía bajo en comparación del precio pagado para limón (936 pesos kg) y tangelo (1491 pesos kg), lo que hace que el cultivo sea rentable. Además, vendiendo el producto con certificación orgánica permitiría aumentar el precio de venta de 1216 a 1938.

5. Conclusiones

- El FBO aumento la porosidad del suelo en 12% en los suelos del cultivo de Tangelo y en ambos cultivos aumentó la humedad gravimétrica en 23.4%, contrario a los tratamientos dos y tres que tuvieron una disminución de 14.9% y 13.0%. Esto influye en el drenaje, la infiltración, el almacenamiento de agua, la aireación y la temperatura, entre otros.
- La densidad de lombrices de tierra aumento cinco veces (1652 individuos/m²) en el FBO, lo cual aumentó la producción de agregados biogénicos y mejoró la estructura del suelo. La estructura influye en el ciclo de nutrientes, la retención de agua, la permeabilidad del suelo y el almacenamiento de carbono.
- No hubo diferencia significativa entre los tratamientos a nivel de la producción. El FBO permite una transición de los sistemas convencionales a un sistema orgánico sin pérdida de producción.
- No se observó ninguna relación entre los niveles medidos de antracnosis y la producción en el cultivo de tangelo pero se mira una fuerte relación negativa en el cultivo de limón donde algunos árboles con nivel de incidencia de casi 56% llegaron a producir menos de 5kg en el año que duro el experimento.

Anexos

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

A. Anexo: Producción de forraje y balance de nutrientes de *Gliricidia sepium*

Tabla 1: Producción de forraje durante el año (toneladas/ha/año)

Ecotipo	Forraje		Hojarasca
	Verde	MS	MS
Monterrico			
10,000*	80.6	18.5	2.71
40,000*	70.0	16.1	3.97
Bolívar			
10,000	55.5	12.7	2.6
40,000	62.0	14.2	3.86
Cuyotenango			
10,000	58.5	13.4	2.49
40,000	70.9	16.3	4.63
Promedio	66.3	15.2	3.38

* Plantas/ha

Tabla 2: Balance de nutrientes (promedio de los 3 ecotipos y 10,000 plantas/ha)

	N	P	K	Ca	Mg
	----- kg/ha/año -----				
Biomass(Qv)	629	36.4	304.6	272.1	79.3
Suelo					
Inicial (Qi)	689	63.8	226	1026	254
Final (Qf)	1005	75.9	243	966	282
Hojarasca (Qh)	51.4	1.8	18.9	70.5	18.0
Qf+Qv+Qh	1686	114	567	1308	379
Qf+Qv+QH-Qi	997	50.3	341	282	125

Fuente: Gómez y Preston 1996

B. Anexo: Composición química del estiércol de ganado vacuno

Según la tabla , puede decirse que en una incorporación de 20.000 kg/ha de estiércol fresco de vacuno (con 80% de humedad), se aportan al suelo 50,8 kg/ha de nitrógeno, 33,6 kg/ha de potasio y 32,4 kg/ha de fósforo asimilable; mientras que aplicando igual dosis de gallinaza (estiércol de pollo sin cama), se inyectan al suelo 142,8 kg/ha de nitrógeno, 83,4 kg/ha de potasio y 231,6 kg/ha de fósforo asimilable (tomando a la enmienda con una humedad del 70%).

Tabla 1: Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos (como porcentaje de la materia seca).

Nutriente	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia orgánica (%)	48,9	45,3	52,8	63,9	54,1
Nitrógeno total (%)	1,27	1,36	1,55	1,94	2,38
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅ , %)	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86
Potasio (K ₂ O, %)	0,84	0,66	0,74	0,95	1,39
Calcio (CaO, %)	2,03	2,72	3,2	2,36	3,63
Magnesio (MgO, %)	0,51	0,65	0,57	0,45	0,77

Fuente: Sosa, 2005

B. Anexo: Análisis químico del suelo para el tiempo cero en los dos cultivos

Cultivo	(n=2)	pH (Un)	MO (g/kg)	P-Brayll (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Tangelo	Rango	6,4-6,7	66,6-129,1	1181,2-1975,7	18,9-18,9	4,8-6,1	1,9-3,5	0,5-0,9	16,0-27,6	3,8-6,1	198,4-317,0	0,6-1,0	3,3-3,5	31,3-36,9	38,9-51,0
	Media	6,6	97,9	1.578,5	19,0	5,5	2,7	0,7	21,8	5,0	257,7	0,8	3,4	34,1	45,0
	Desv. Std	0,16	44,15	561,74	0,03	0,87	1,08	0,23	8,20	1,56	83,84	0,27	0,13	3,94	8,56
Limón	Rango	6,0-6,4	153,1-153,2	1794,4-2679	20,8-23,5	4,0-6,1	1,1-2,2	0,4-0,5	30,3-30,4	3,1-4,7	210,7-222,0	1,3-1,5	3,4-4,6	31,9-38,1	48,4-74,9
	Media	6,2	153,2	2.237,1	22,1	5,1	1,6	0,5	30,4	3,9	216,3	1,4	4,0	35,0	61,7
	Desv. Std	0,25	0,07	626,02	1,85	1,47	0,81	0,11	0,07	1,18	7,99	0,16	0,86	4,42	18,78

C. Anexo. Análisis químico del suelo época 3 (a los doce meses) para los tratamientos en los dos cultivos

Cultivo	Tratto	pH (Un)	MO (g/kg)	P-Brayll (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Tangelo	1	6,5	146,3	1.647,6	13,5	3,8	3,0	1,6	27,8	5,4	86,4	0,9	4,3	38,1	47,0
	2	6,6	169,9	1.947,4	11,3	3,1	4,4	2,7	30,7	8,3	80,5	1,3	6,3	32,1	46,6
	3	6,6	155,7	1.949,4	12,6	3,5	3,6	1,8	29,0	6,8	65,7	2,0	9,7	40,8	50,7
Limón	1	6,3	172,5	1.344,4	12,9	3,7	3,0	0,5	26,6	4,5	79,0	0,6	4,9	31,1	34,7
	2	6,3	156,6	1.654,5	13,1	3,0	1,8	0,2	27,4	4,2	54,1	1,6	7,6	33,4	62,2
	3	6,1	146,4	1.886,6	12,2	2,6	2,0	0,2	27,6	4,2	56,2	1,4	4,9	44,2	86,7

D. Anexo: Densidad de macrofauna en el cultivo de limón en las tres épocas

Cultivo	Epoca	Tratto*	(n=4)	<i>Enchy alb</i>	Endogee	Epigee	cocón	Hymen Otro	Formi- cidae	ILepdo	Coleop Adul	IColeo	Chilo- poda	Diplo- poda	Diplar	Orthop	Heterop	Homop	Arachnida	Blattop- tera	Isop	Otros	Diversidad
Limón	1	1	R	0-224	112-896	0-64	16-368	0-32	624-2144	0-32	16-80	16-128	16-368	80-400	0-48	0-16	0-32	0-224	32-96	0-0	32-1664	16-1232	192-256
			M	84,00	524,00	20,00	116,00	20,00	1252,00	16,00	60,00	60,00	176,00	236,00	20,00	4,00	12,00	76,00	60,00	0,00	628,00	492,00	228,00
			Desv. Std	107,23	397,83	30,29	168,51	15,32	647,47	13,06	30,29	47,78	178,65	143,33	24,00	8,00	15,32	105,63	27,33	0,00	771,26	562,26	27,33
Limón	1	2	R	16-384	64-1088	0-0	0-128	0-80	160-992	0-0	48-112	48-256	16-176	32-288	0-256	0-0	0-80	0-32	0-48	0-0	0-384	128-1600	160-224
			M	124,00	568,00	0,00	52,00	32,00	472,00	0,00	76,00	148,00	68,00	180,00	72,00	0,00	40,00	12,00	28,00	0,00	236,00	700,00	200,00
			Desv. Std	174,48	493,07	0,00	63,16	34,56	392,90	0,00	27,33	107,23	75,47	107,23	123,59	0,00	33,31	15,32	24,00	0,00	171,02	665,92	27,71
Limón	1	3	R	0-384	160-944	0-32	0-64	0-0	64-576	0-16	0-160	48-320	16-160	64-2480	0-32	0-48	0-96	16-224	32-48	0-16	48-480	32-1456	208-240
			M	140,00	404,00	12,00	36,00	0,00	348,00	8,00	72,00	128,00	88,00	720,00	16,00	20,00	52,00	84,00	40,00	4,00	220,00	712,00	232,00
			Desv. Std	182,60	364,94	15,32	27,33	0,00	211,61	9,24	70,96	128,66	67,25	1175,25	13,06	20,13	40,00	94,54	9,24	8,00	194,81	684,39	16,00
Limón	2	1	R	16-320	1408-2064	0-368	0-0	0-48	240-1616	0-0	32-272	16-144	128-192	352-592	0-0	0-16	0-16	0-64	0-16	0-0	32-1360	96-7120	160-208
			M	140,00	1652,00	108,00	0,00	12,00	1144,00	0,00	144,00	96,00	168,00	472,00	0,00	4,00	4,00	24,00	8,00	0,00	476,00	2252,00	184,00
			Desv. Std	128,91	286,03	175,94	0,00	24,00	628,36	0,00	100,35	56,94	27,71	129,66	0,00	8,00	8,00	27,71	9,24	0,00	598,86	3317,35	20,66
Limón	2	2	R	16-192	16-944	0-0	0-48	0-16	1168-2960	0-0	16-144	0-96	48-464	0-448	0-0	0-0	0-64	16-32	16-64	0-0	0-976	32-1184	128-208
			M	88,00	604,00	0,00	16,00	4,00	1924,00	0,00	76,00	32,00	216,00	160,00	0,00	0,00	28,00	24,00	44,00	0,00	380,00	660,00	184,00
			Desv. Std	87,15	431,98	0,00	22,63	8,00	804,83	0,00	56,00	43,33	177,93	198,98	0,00	0,00	27,33	9,24	20,13	0,00	472,90	484,14	38,09
Limón	2	3	R	0-736	256-768	0-0	0-128	0-16	320-1104	0-64	64-240	16-256	64-192	48-1328	0-32	0-0	0-0	0-32	0-32	0-0	0-400	48-1312	128-208
			M	208,00	548,00	0,00	36,00	4,00	600,00	20,00	144,00	136,00	120,00	440,00	8,00	0,00	0,00	24,00	16,00	0,00	172,00	648,00	176,00
			Desv. Std	354,90	215,60	0,00	61,80	8,00	355,50	30,29	79,46	129,66	59,15	602,86	16,00	0,00	0,00	16,00	18,48	0,00	196,56	522,31	34,56
Limón	3	1	R	0-0	208-784	176-672	0-0	0-544	96-2512	0-0	96-528	16-96	32-480	704-4000	0-0	0-0	0-16	0-16	0-16	0-32	48-1520	48-3008	160-176
			M	0,00	592,00	396,00	0,00	136,00	1092,00	0,00	300,00	44,00	188,00	1948,00	0,00	0,00	8,00	4,00	4,00	8,00	576,00	1232,00	168,00
			Desv. Std	0,00	262,91	206,71	0,00	272,00	1071,51	0,00	219,92	37,81	199,14	1510,36	0,00	0,00	9,24	8,00	8,00	16,00	649,27	1443,61	9,24
Limón	3	2	R	0-0	112-432	0-112	0-0	0-16	720-2480	0-32	16-144	0-80	16-80	16-272	0-0	0-0	0-64	16-16	0-16	0-16	0-64	160-1216	144-192
			M	0,00	204,00	60,00	0,00	4,00	1736,00	12,00	88,00	24,00	52,00	160,00	0,00	0,00	24,00	16,00	4,00	4,00	16,00	876,00	168,00
			Desv. Std	0,00	152,56	47,78	0,00	8,00	833,38	15,32	53,07	38,09	27,33	109,30	0,00	0,00	27,71	0,00	8,00	8,00	32,00	482,73	20,66
Limón	3	3	R	0-0	288-816	80-896	0-0	0-0	336-1408	0-80	32-1232	0-48	112-208	160-288	0-0	0-0	0-16	0-0	0-80	0-0	0-496	96-1984	128-176
			M	0,00	536,00	300,00	0,00	0,00	696,00	28,00	396,00	28,00	140,00	240,00	0,00	0,00	8,00	0,00	28,00	0,00	244,00	1036,00	160,00
			Desv. Std	0,00	221,12	397,83	0,00	0,00	495,14	35,48	563,02	20,13	45,96	56,94	0,00	0,00	9,24	0,00	37,81	0,00	281,82	850,40	22,63

E. Anexo: Densidad de macrofauna en el cultivo de tangelo en las tres épocas

Cultivo	Época	Tratto*	(n=4)	<i>Enchy alb</i>	Endogee	Epigee	cocón	Hymen Otro	Formicidae	ILepdo	Coleop Adul	IColeo	Chilo-poda	Diplo-poda	Diplar	Orthop	Heterop	Homop	Arachnida	Blatto p-tera	Isop	Otros
Tangelo	1	1	R	0-48	0-336	0-160	0-0	16-160	0-2720	0-48	16-1216	44-1168	0-112	16-156	0-144	0-48	16-96	0-48	0-176	0-128	16-944	32-496
			M	16,00	156,00	44,00	0,00	36,00	1264,00	12,00	428,00	264,00	68,00	156,00	4,00	8,00	52,00	32,00	64,00	0,00	316,00	436,00
			Desv. Std	22,63	138,49	77,70	0,00	40,00	1009,48	24,00	536,64	148,09	54,45	120,00	8,00	16,00	52,86	39,19	77,29	0,00	434,73	340,26
Tangelo	1	2	R	0-48	16-1120	0-0	0-288	0-80	48-3200	0-16	0-256	0-160	16-64	0-864	0-16	0-16	0-64	0-240	16-80	0-0	0-896	64-528
			M	16,00	420,00	0,00	108,00	20,00	876,00	8,00	124,00	56,00	32,00	244,00	4,00	4,00	32,00	80,00	44,00	0,00	244,00	268,00
			Desv. Std	22,63	496,15	0,00	128,91	40,00	1550,67	9,24	126,91	75,61	22,63	415,46	8,00	8,00	29,21	113,14	27,33	0,00	436,30	225,28
Tangelo	1	3	R	0-64	112-688	0-16	0-128	0-16	112-5792	0-32	64-2192	0-176	16-96	0-688	0-16	0-16	16-80	0-32	16-96	0-0	0-176	0-624
			M	16,00	364,00	4,00	44,00	4,00	1756,00	12,00	664,00	48,00	60,00	204,00	4,00	8,00	44,00	16,00	44,00	0,00	68,00	244,00
			Desv. Std	32,00	289,29	8,00	57,50	8,00	2706,05	15,32	1020,87	85,67	32,98	326,44	8,00	9,24	27,33	13,06	37,81	0,00	85,04	266,57
Tangelo	2	1	R	64-368	240-1968	0-224	0-16	0-16	112-1680	0-0	96-368	0-128	288-512	880-2032	0-16	0-16	0-64	0-32	0-32	0-0	176-2064	240-1808
			M	140,00	880,00	56,00	4,00	4,00	868,00	0,00	172,00	52,00	400,00	1468,00	4,00	4,00	20,00	16,00	16,00	0,00	716,00	1332,00
			Desv. Std	152,00	795,51	112,00	8,00	8,00	776,11	0,00	130,88	57,50	92,38	471,64	8,00	8,00	30,29	18,48	13,06	0,00	904,94	733,02
Tangelo	2	2	R	0-192	288-864	0-96	0-48	0-16	160-2160	0-0	80-1328	0-256	48-128	64-544	0-16	0-0	0-64	16-112	0-64	0-0	16-416	112-1328
			M	84,00	488,00	28,00	12,00	4,00	1012,00	0,00	468,00	136,00	84,00	296,00	4,00	0,00	20,00	56,00	24,00	0,00	176,00	688,00
			Desv. Std	91,80	267,89	45,96	24,00	8,00	870,33	0,00	586,04	112,00	42,08	251,12	8,00	0,00	30,29	42,33	27,71	0,00	195,96	610,10
Tangelo	2	3	R	0-416	112-1184	0-16	0-48	0-16	80-896	0-0	32-192	0-64	64-256	496-1840	0-16	0-0	0-0	0-0	0-32	0-0	160-2832	224-1104
			M	152,00	604,00	4,00	12,00	4,00	400,00	0,00	104,00	20,00	180,00	880,00	8,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	1096,00	520,00
			Desv. Std	193,11	467,64	8,00	24,00	8,00	365,56	0,00	70,96	30,29	81,98	642,79	9,24	0,00	0,00	0,00	15,32	0,00	1258,38	396,36
Tangelo	3	1	R	0-848	80-656	32-544	0-0	0-0	272-880	0	160-288	16-208	16-288	176-416	0-16	0-0	0-48	0-128	0-16	0-0	160-1536	304-1680
			M	228,00	316,00	268,00	0,00	0,00	496,00	0,00	252,00	108,00	136,00	328,00	8,00	0,00	20,00	32,00	12,00	0,00	728,00	872,00
			Desv. Std	414,43	246,97	222,23	0,00	0,00	267,73	0,00	61,80	90,86	112,76	114,26	9,24	0,00	20,13	64,00	8,00	0,00	615,19	646,04
Tangelo	3	2	R	0-32	32-224	0-96	0-0	0-0	304-1264	0-0	16-272	0-64	64-384	0-1168	0-0	0-0	0-32	0-16	0-64	0-0	208-448	96-368
			M	8,00	88,00	28,00	0,00	0,00	832,00	0,00	148,00	16,00	188,00	412,00	0,00	0,00	16,00	4,00	28,00	0,00	324,00	192,00
			Desv. Std	16,00	91,91	45,96	0,00	0,00	425,73	0,00	109,59	32,00	154,78	529,75	0,00	0,00	18,48	8,00	27,33	0,00	105,63	121,85
Tangelo	3	3	R	0-0	16-352	32-320	0-0	0-16	336-2112	0-80	80-336	32-48	0-96	80-496	0-0	0-16	0-48	0-32	0-16	0-16	112-1216	96-1424
			M	0	160	136	0	4	1224	28	160	40	36	236	0	8	24	16	12	4	656	620
			Desv. Std	0	163,69	129,00	0,00	8,00	889,93	37,81	118,30	9,24	42,08	193,93	0,00	9,24	20,66	13,06	8,00	8,00	568,39	580,63

F. Anexo: Tabla 4-6 Calidad, cantidad (número y peso) e incidencia de antracnosis (%) de los frutos de tangelos producidos

Cultivo	Época	Tratamiento*	(n=12)	GB5	%A5	IM5	GB4	%A4	IM4	No Frutos	Peso Kg	%INC
Tangelo	1	1	R	8,40-11,43	0,74-1,20	8,28-11,44	8,84-10,90	0,82-1,70	6,64-12,99	7-264	1,32-26,75	22,64-45,71
			M	10,44	1,07	10,10	10,13	1,09	9,81	113,75	14,48	34,11
			Desv. Std	0,84	0,12	0,96	0,53	0,23	1,71	82,23	9,04	6,89
Tangelo	1	2	R	9,77-12,30	0,81-1,42	8,59-13,38	9,13-11,00	0,84-2,50	4,41-12,03	30-327	4,59-36,69	21,86-50,91
			M	10,83	1,08	10,65	10,11	1,29	8,88	119,89	17,40	35,82
			Desv. Std	0,81	0,20	1,64	0,45	0,51	2,15	91,40	13,58	9,39
Tangelo	1	3	R	8,85-11,73	0,66-1,51	7,86-14,29	9,05-11,18	0,90-2,45	3,98-11,08	1-183	0,23-25,64	19,97-39,25
			M	10,28	1,00	11,10	9,98	1,26	8,92	83,67	12,03	29,64
			Desv. Std	1,00	0,28	2,26	0,77	0,45	2,06	59,33	8,12	5,99
Tangelo	2	1	R	9,80-14,70	0,53-1,07	11,42-24,27	10-12,13	0,68-1,58	7,38-17,91	4-196	0,28-17,17	32,11-59,55
			M	11,664	0,774	16,210	11,098	1,011	12,230	70,111	7,404	46,593
			Desv. Std	1,337	0,187	3,922	0,720	0,280	3,045	65,453	6,450	7,607
Tangelo	2	2	R	9,60-12,80	0,43-1,57	6,32-22,67	9-12,17	0,59-1,19	9,71-18,22	8-209	0,80-19,01	32,11-64,53
			M	10,83	0,90	14,17	10,40	0,90	12,77	72,08	7,48	47,83
			Desv. Std	0,96	0,33	4,64	0,93	0,22	2,67	75,17	6,67	9,80
Tangelo	2	3	R	8,20-12,25	0,44-1,41	7,78-21,80	6,57-12,07	0,37-1,26	9,71-18,65	2-282	0,31-24,89	24,45-68,24
			M	10,48	0,91	13,37	9,98	0,80	14,17	89,86	9,22	42,97
			Desv. Std	1,28	0,37	4,59	1,49	0,24	2,95	95,40	8,82	12,54
Tangelo	3	1	R	9,55-12,30	0,59-1,15	10,20-17,19	9,33-11,67	0,60-1,02	9,53-17,52	7-243	0,69-19,34	35,14-64,05
			M	11,01	0,87	13,20	10,44	0,83	13,22	83,83	7,54	54,44
			Desv. Std	1,06	0,17	2,29	0,72	0,16	2,79	58,61	4,70	7,62
Tangelo	3	2	R	8,67-12,13	0,7-1,44	6,98-14,41	8,95-11,53	0,69-1,15	9,19-13,45	26-259	3,13-20	35,80-82,04
			M	10,14	0,92	11,67	10,12	0,88	11,86	114,47	10,08	58,75
			Desv. Std	1,04	0,22	2,05	0,77	0,13	1,44	70,70	6,04	12,06
Tangelo	3	3	R	8,73-12,23	0,62-1,01	10,51-15,18	8,5-11,73	0,72-0,96	11,03-16,49	29-293	2,48-19,74	36,10-74,70
			M	10,62	0,83	13,16	10,16	0,79	13,06	141,38	11,35	54,87
			Desv. Std	1,13	0,11	1,31	1,09	0,07	1,76	93,98	6,76	10,12

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

G. ANEXO: Tabla 4-7 Calidad, cantidad (número y peso) e incidencia de antracnosis (%) de los frutos de limones producidos

Cultivo	Época	Tratamiento*	(n=12)	GB3	%A3	IM3	GB2	%A2	IM2	No Frutos	Peso Kg	%INC
Limón	1	1	R	8,13-9,23	5,96-7,14	1,24-1,79	7,67-9,23	4,98-7,18	1,27-1,69	88-691	2,67-21,57	18,94-47,01
			M	8,75	6,47	1,39	8,64	6,14	1,43	414,81	11,36	31,13
			Desv. Std	0,35	0,41	0,14	0,56	0,60	0,13	184,21	4,82	7,37
Limón	1	2	R	7,93-9,17	6,05-7,63	1,16-1,41	7,67-9,20	4,95-7,15	1,10-1,82	37-867	1,37-20,87	16,43-44,89
			M	8,52	6,53	1,32	8,39	6,21	1,38	286,39	8,53	31,87
			Desv. Std	0,36	0,47	0,08	0,45	0,64	0,18	215,07	4,76	8,40
Limón	1	3	R	7,80-9,87	5,55-7,33	1,15-1,63	7,53-9,70	5,47-7,11	1,17-1,54	18-1312	0,63-36,89	22,59-39,23
			M	8,65	6,48	1,35	8,61	6,29	1,39	413,81	11,89	31,96
			Desv. Std	0,56	0,49	0,14	0,58	0,45	0,12	354,15	9,95	4,97
Limón	2	1	R	7,43-9,17	4,71-6,09	1,43-1,68	7,23-9,03	4,30-5,74	1,38-1,80	45-467	1,19-14,69	30,20-46,84
			M	8,37	5,54	1,52	7,90	5,11	1,56	197,24	6,71	40,27
			Desv. Std	0,45	0,40	0,07	0,48	0,45	0,13	116,07	3,56	5,07
Limón	2	2	R	7,10-9,33	4,70-6,33	1,34-1,65	6,87-9,47	4,14-5,82	1,39-2,15	29-387	0,50-13,62	28,84-49,89
			M	5,08	3,77	0,85	5,02	3,63	0,88	295,10	8,29	22,28
			Desv. Std	4,36	3,12	0,69	4,21	2,90	0,69	100,22	2,95	14,73
Limón	2	3	R	7,57-9,97	5,18-6,59	0,30-1,69	7,13-10,16	4,98-6,23	1,44-2,05	94-526	2,81-18,69	31,10-48,15
			M	8,74	5,87	1,39	8,40	5,38	1,59	180,57	6,16	40,31
			Desv. Std	0,68	0,44	0,36	0,88	0,34	0,17	119,06	4,34	5,10
Limón	3	1	R	7,57-8,77	5,72-7,48	1,06-1,43	7,17-8,13	5,47-7,78	1,10-1,39	35-634	0,56-18,38	37,34-60,89
			M	8,17	6,65	1,24	7,69	6,30	1,24	208,99	5,31	48,99
			Desv. Std	0,39	0,50	0,10	0,33	0,61	0,09	169,01	4,91	6,62
Limón	3	2	R	6,83-9,00	5,07-7,45	1,13-1,40	6,80-8,40	4,8-7,36	0,52-1,43	35-444	0,69-12,78	39,94-65,46
			M	7,99	6,42	1,26	7,67	6,04	1,22	174,66	4,51	52,19
			Desv. Std	0,56	0,75	0,09	0,46	0,66	0,23	128,68	4,02	7,64
Limón	3	3	R	7,60-9,20	5,60-7,21	0,26-1,37	7,03-9,10	5,21-7,01	1,13-1,39	53-656	1-17	33,40-59,47
			M	8,27	6,32	1,22	7,87	6,20	1,26	312,27	7,00	48,13
			Desv. Std	0,53	0,48	0,31	0,54	0,52	0,08	193,92	4,43	9,01

Bibliografía

[1] ACUERDO DE COMPETITIVIDAD REGIONAL, Cadena Productiva Citricultura Tropical de Montaña Centro Occidente. Disponible en www.agrocadenas.gov.co. Abril 2002.

[2] ACUERDO DE COMPETITIVIDAD DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CÍTRICOS. Corporación Colombia Internacional, Bogotá. Disponible en www.agrocadenas.gov.co, Diciembre de 2000

[3] AGOSTINI, J., GOTTWALD, T., TIMMER, L. Temporal and spatial dynamics of postbloom fruit drop in Florida. *Phytopathology*. 1993.

[4] AGRIOS, G. *Fitopatología=Plant pathology*, segunda edición, Editorial Limusa, Mexico D:F. 2005.

[5] AGRONET, Materia orgánica. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/200671991737_Materia%20organica%20y%20lombicultura.pdf, 2009.

[6] ALTIERI, M. Y HECHT, S. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editor Nordan Cominidad_338 paginas. 1999.

[7] ÁLVAREZ, E., OSPINA, C., MEJÍA, J., LLANO, G. Caracterización morfológica, patogénica y genética del agente causal de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*) en el guanábana (*Annona muricata*) en el Valle del Cauca. CIAT. Colombia. 2006.

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

[8] AMORTEGUI, I. El cultivo de los cítricos. Modulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. El Poir editores. p 35, 2001.

[9] ANDERSON, J. & INGRAM, J. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods, 2nd edn. CAB International, Oxon. 1993.

[10] ARIAS, C., TOLEDO, J. Manual de postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano y cítricos). Disponible en <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>. 2007.

[11] BLANCO-CANQUI, H., LAL, R.,. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. Crit. Rev. Plant Sci. 23, 481–504. 2004

[12] BLANCHART, E., ALBRECHT, A., ALEGRE, J., DUBOISSET, A., PASHANASI, B., LAVELLE, P., BRUSSAARD, L., Effects of earthworms on soil structure and physical

[13] CAMBRA, M. Enfermedades de los cítricos. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, 2000.

[14] CARDONA, J., RODRÍGUEZ, A. La citricultura en el eje cafetero, CORPOICA, Manizales, 1997.

[15] CHAGÜEZÁ, Y. Alternativas Biológicas para el control de nematodos fitoparasitos en cultivo del plátano. Trabajo de grado (Magister en Ciencias Agrarias Línea de Investigación de Suelos). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias agropecuarias, 2011.

[16] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC. 2006. licitación pública CVC No. 008 de 2006. Construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales en la vereda la cascada, corregimiento de tienda nueva – municipio de Palmira.

- [17] DAVIES F., ALBRIGO L., Cítricos. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1994.
- [18] DELGADILLOS, J., RINCÓN, S., SILVA, M., ORDUZ, J. Reconocimiento e identificación de enfermedades fungosas presentes en el cultivo de cítricos en tres localidades del Departamento del Meta. Revista Achagua. Volumen 7. Colombia. 2003.
- [19] DÍAZ, L. Estadística Multivariada: inferencia y métodos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp 191-198. 2002
- [20] DENEFF, K., SIX, J., PAUSTIAN, K., MERCKX, R.,. Importance of macroaggregate dynamics in maintaining soil carbon stabilization. Soil Biol. Biochem. 33, 2145–2153.
- [21] ELLIOTT, E.T., COLEMAN, D.C.,. Let the soil work for us. In: Clarholm, M., Bergström, L. (Eds.), Ecology of Arable Land. Perspectives and Challenges. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 23–32. 1988 2001
- [22] EDWARDS, C., NORMAN, A., TSE, CH., DAVID, E. La conversión de residuos orgánicos en vermicompost y té de vermicompost que favorecen el crecimiento de las plantas y evita el uso de pesticidas para el control de enfermedades. Sunburst Waste Management Technologies Ltd, Australia. 2011.
- [23] ELLIOT, P., KNIGHT, E., ANDERSON, J. Denitrification in Earthworm cast and soil from pasture under different fertilizer and drainage regimes. Soil Biology and Biochemistry. 1990.
- [24] ENA-CIFRAS. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola. Encuesta nacional agropecuaria 2009.
- [25] FAO. <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/13120-es.html>, 2003.

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

[26] FAO. HACIA EL FUTURO QUE QUEREMOS. Erradicación del hambre y transición a sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Rome, 2012

[27] FAO, Cálculos Agrocadena, Contexto mundial tecnología para la producción de cítricos en la región Caribe Colombiana, 2008.

[28] GOMÉZ, M., PRESTON T., Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*) Fundación CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria), Colombia, 1996.

[29] GOWEN, S.R., QUÉNÉHERVÉ, P., FOGAIN, R. Nematodes parasites of bananas and plantains. In: Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J. (Eds.), Plant para sitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2PndP édition. Ed. CABI Publishing, UK. p. 611-644. 2005.

[30] HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R., BLACK, W.. Multivariate data análisis with readings. Mcmillan Publishing Company. United Stated of America, pp 1-19. 1992

[31] http://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2013/05/GSW_IssuePaper_Soils_in_the_Global_Cycle.pdf

[32] HOLLIER, C. Integrated pest management. Pages 337-344. In: Plant Pathology. Concepts, and laboratory excercises. Trigiano, R.N., Windham, M.T., and Windham, A.S. (Eds.). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 2004.

[33] IBAÑEZ, J., Influencia de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo, 2006

- [34] IBAÑEZ, J., Funciones de los organismos del suelo: la biota edáfica, 2007
- [35] INFORME FINAL CONVENIO 063 DE 2007 documento I Perfil Ambiental Urbano Municipio de Palmira julio de 2008.
- [36] INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Boletín de Sanidad Vegetal 33. Manejo del Picudo de los Cítricos, Bogotá D.C., Colombia. 2002.
- [37] JONSON, R., WICHERN, D..Applied Multivariate Statistical Análisis. Prentice may, Englewood Cliffs, New Jersey, United States of America, pp 1-8. 1988
- [38] KUPPER, K., GIMENES, N., GOES, A. Control biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda premature dos frutos cítricos. Fitopatologia Brasileira 28:251-257.2003.
- [39] LAVELLE P, BIGNELL, D. LEPAGE, M.WOLTERS, V.ROGER, P.INESON, P. HEAL, O. DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33(4):159-193. (1997)
- [40] LAVELLE, P, Faunal activities and soil processes adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*. 27, 93-122. 1997
- [41] LAVELLE, P., ET AL. (impress). Encyclopedia of Agriculture, Elsevier.
- [42] LAVELLE, P., DECAENS, T., AUBERT, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P., ROSSI, J.P Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.* 42, 3–15. 2006
- [43] LÓPEZ R.J., CARDONA J. H. Evaluación de porta injertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia, FNC- Cenicafé.2007.
- [44] MACEDA, A., GONZALES, I. www.alaquairum.com. 2013

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

Manejo fitosanitario del cultivo de cítricos, medidas para la temporada invernal, Línea agrícola, Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. Bogotá D.C. Colombia. 2012

[45] MAGDOFF, F. Calidad y manejo de suelo. En: Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. CLADES. Cuba. 1997.

[46] MAGDOFF, F., VANES, H. *Building soils for better crops*. SARE, Washington DC. citado por ALTIERI, M., NICHOLLS, C. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Universidad de California, Berkeley 20 2001

[47] MEDINA, V., ROBLES, M., BECERRA, S., OROZCO, J., OROZCO, M., GARZA, J., OVANDO, M., CHÁVEZ, X., FÉLIX, F. El cultivo del limón mexicano. INIFAP. Libro Técnico Numero 1. México. 2001.

[48] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Observatorio Agrocadenas Colombia. "La Cadena de Cítricos en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica. Bogota-Colombia, 1991-2005

[49] MOLINA, E. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. San José, Costa Rica, ACCS. 45 p. 1998

[50] MOLINA, E. Nutrición y fertilización de la naranja. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. p.5, 1999.

[51] MORIN, CH. Cultivo de cítricos. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas. Editorial IICA. p 22. 1980.

[52] NIGOUL, M., Manual de lombricultura, argentina, 2006. Disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>

- [53] ORDUZ J., MONROY H., FISCHER G., HERRERA A. Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina (*Citrus reticulata*) 'Arrayana' en condiciones del piedemonte del Meta. Colombia, 2009
- [54] ORDUZ J., CASTIBLANCO S., CALDERON C; VELASQUEZ H., Potencial de rendimiento y calidad de 13 variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del piedemonte llanero de Colombia, Vol. 5 - No. 2 - pp. 171-185, 2011.
- [55] OWNLEY, B., WINDHAM, M. Biological control of plant pathogens. Florida, USA. 2004.
- [56] PARDO, A., AMATO, M., CHIARANDA, F.Q., Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant growth and water distribution. Eur. J. Agron. 13, 39– 45. 2000.
- [57] PONGE, J.F.,. Horizons and humus forms in beech forests of the Belgian Ardennes. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 1888–1901. 1999
- [58] PROPERTIES. IN: LAVELLE, P., BRUSSAARD, L., HENDRIX, P. (Eds.), Earthworm Management in Tropical Soils. CAB International, Wallingford, pp. 139–162. 1999.
- [59] PÉREZ, M. Avances de la agricultura orgánica en Cuba: producción y comercialización de zumos cítricos orgánicos. RIAC. Cuba.2000.
- [60] PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico del Suelo. La agricultura en regiones tropicales. Brasil.2001.
- [61] PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS, GRUPO DE ACCIÓN INTERGUBERNAMENTAL ESPECIAL DEL CODEX SOBRE ZUMOS (JUGOS) DE FRUTAS Y HORTALIZAS Roma, Italia, 2005.

Efecto de la fertilización orgánica en la producción de frutos y disminución de antracnosis (*Colletotrichum* spp) en *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus paradisi* Macf y *Citrus aurantifolia* Christm. Swingle.

[62] RAMPAZZO, N., BLUM, W.E.H., WIMMER, B., Assessment of soil structure parameters and functions in agricultural soils. *Bodenkultur*. 49, 69– 84. 1998.

[63] RÍOS, Y. Sistemas integrados de producción con no rumiantes, Importancia de las lombrices en la agricultura. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Guanare, Portuguesa. 2005.

[64] RUIZ, N., LAVELLE, P., JIMÉNEZ, J. FAO, Roma, Italia. 2008.

[65] SILVA, M. Principales enfermedades en los cultivos de importancia económica en los Llanos Orientales. Editorial Unillanos. Villavicencio. Colombia. 2010.

[66] SARMIENTO, L. Interamerican University of Puerto Rico Arcibo, Puerto Rico Los Fertilizantes y su Efecto Ambiental ,2008.

[67] SISTEMA DE INTELIGENCIA DE MERCADOS. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia..2010

[68] SOSA, O. los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas ,cátedra de manejo de tierras, facultad de ciencias agrarias, universidad nacional del rosario, argentina, 2005

[69] SULLIVAN, P. ATTRA — EL SERVICIO NACIONAL DE INFORMACIÓN DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE 2007. Disponible en: www.attra.ncat.org.

[70] SPREEN, T. Proyecciones De La Producción Y Consumo Mundial De Los Cítricos Para El 2010. Universidad de la Florida, Gainesville, Florida, Estados Unidos. 2010.

[71] TOPOLIANTZ, S., PONGE, J.F., VIAUX, P., Earthworm and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures. *Plant and Soil*. 225,39-51. 2000

[72] TIMMER, L., ZITKO, S..Early season indicators of postbloom fruit drop of citrus and the relationship of disease incidence and fruit production. Plant Disease.1995

[73] TIMMER, L., GARNSEY, S., GRAHAM, J..Compendium of citrus diseases.Second edition.USA.2000

[74] URQUIZA, M. MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS.. Sabana- Camagüey2002

[75] VASQUÉZ, L. Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios Urbanos. Cuba.2007.

[76] VELÁSQUEZ E., PELOSI C., BRUNET D., GRIMALDI M., MARTINS M., RENDEIRO A., BARRIOS E. &LAVELLE P.. This ped is my ped: visual separation and NIRS spectra allow determination of the origins of soil macro-aggregates. Pedobiología, 51: 75-87. 2006

[77] VELASQUEZ, E., C. PELOSI, D. BRUNET, M. GRIMALDI, M. MARTINS, A.C. RENDEIRO, E.BARRIOS, AND P. LAVELLE This ped is my ped: visual separation and NIRS spectra allow determination of the origins of soil macro-aggregates. Pedobiologia. 51, 75-87. 2007.

[78] VELASQUEZ, E. ; FONTE, S. ; BAROT, S. ; LAVELLE, P. ; DESJARDINS, T. ; GRIMALDI, M. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. Applied Soil Ecology, v. 56, p. 43-50, 2012.

[79]VELASQUEZ, E. ;FONTE, S. ; LAVELLE, P. ; D. CAROLINA QUINTERO . Interactive effects of plants and earthworms on the physical stabilization of soil organic matter in aggregates .Plant and Soil, v. 359, p. 205-214, 2012.