

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**NIVELES DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS Y
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS PRESENTES EN SUELOS DE
FINCAS ORGÁNICAS Y CONVENCIONAL DE *Coffea arabica*, EN
TAPACHULA, CHIAPAS, MÉXICO**

POR:

PEDRO ARIEL SANTOS CHANDIAS

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS,

C.A.

DICIEMBRE, 2011

**NIVELES DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS Y
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS PRESENTES EN SUELOS DE
FINCAS ORGÁNICAS Y CONVENCIONAL DE *Coffea arabica*, EN
TAPACHULA, CHIAPAS, MÉXICO.**

POR:

PEDRO ARIEL SANTOS CHANDIAS

**RICARDO BELLO MENDOZA Ph.D.
Asesor (México)**

**RAUL ISAIAS MUÑOZ, M.Sc.
Asesor (Honduras)**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2011

DEDICATORIA

A DIOS:

A ti Dios con mucho amor y cariño que me distes la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

A mis padres: Pedro Emilio Santos y María Felicita Chandias. Con mucho cariño principalmente quienes me dieron la vida y han estado en todo momento. Por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les dedico de todo corazón este trabajo.

A mis hermanos: Ever, Darwin, Darmin y Yanely, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mis asesores: Al M.Sc. Raúl Muñoz, M.Sc. Julio San Martín y al M.Sc. Héctor Fernández, por tenerme paciencia y confiar en mí.

A mis compañeros de cuarto: Medardo Bautista, Teddy Aroca, Axel Gonzales, Modesto Santos, Selvin Mendoza y Ramón Ávila por estar todo este tiempo, donde he vivido momentos felices y tristes, por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevare en mi corazón.

A mi abuela: Francisca Morales que con tanto esfuerzo y cariño me ayudaste en las buenas y en las malas a salir adelante.

A la clase ARMAGEDON: con quienes viví todo este tiempo de estudios, tantas desveladas juntos, por haber llegado a mi vida y compartir momentos agradables y tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean, nunca los olvidare siempre estarán en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Esta es la parte más fácil y la más difícil de escribir y la más importante, para agradecer a todas las personas que de alguna manera hacen posible la culminación de un camino que emprendí hace cuatro años.

A Dios por concederme la vida y las oportunidades para culminar mi carrera.

A mi padre y a mi madre por darme sus consejos y apoyo incondicional y concederme también su amistad y confianza, sin ustedes no hubiera sido posible.

A la Universidad Nacional de Agricultura, en la cual lleve a cabo uno de mis mejores sueños.

A mis asesores: M.Sc. Raúl Muñoz, M.Sc. Julio San Martín y al M.Sc. Héctor Fernández, por brindarme su tiempo y apoyo, así como al Ing. Javier Emilio Fuentes por ayudarme y apoyarme.

A mis asesores mexicanos: Dr. Ricardo Bello, M.Sc. Gamaliel Mejía, M.Sc. Luz Elizabeth Suárez y M.Sc. Ricardo Castro por ayudarme a culminar mi práctica profesional supervisada.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 El café en el mundo	4
3.2 El café en Honduras.....	4
3.3 El café en México	5
3.4 Variedades.....	7
3.5 Manejo agronómico	8
3.5.1 Manejo de sombra en café	8
3.5.2 Fertilización	8
3.5.3 Manejo de malezas	9
3.5.4 Plagas del café.....	9
3.5.5 Enfermedades del café.....	10
3.5.6 Podas del cafeto	10
3.5.7 Cosecha.....	10
3.5.8 Beneficiado	11
3.6 Comercialización.....	11
3.6.1 Comercialización interna de café	11
3.6.2 Comercialización externa de café	12
3.6.3 Diferencial de precios entre el café orgánico y el café convencional	12
3.7 Retención de plaguicidas en los suelos.....	13
3.7.1 Influencia de la materia orgánica en la retención de plaguicidas	13

3.7.2 Efecto de la labranza en la intercepción de plaguicidas	14
3.7.3 Residuos de plaguicidas en suelos	15
3.8 Insecticidas organoclorados y herbicidas.....	16
3.8.1 Clasificación de los plaguicidas	16
3.8.1.1 Clasificación de los insecticidas organoclorados	17
3.8.2 Persistencia de los insecticidas organoclorados.....	17
3.9 Propiedades físicas y químicas de suelo	19
3.9.1 pH.....	19
3.9.2 Textura.....	19
3.9.3 Densidad	20
3.9.4 Materia orgánica	20
3.9.5 Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C.)	21
3.9.6 Capacidad de campo (C.C.)	21
3.9.7 Fosforo.....	22
3.9.8 Nitrógeno	22
3.9.9 Potasio	23
IV. MATERIALES Y METODO	25
4.1 Localización.....	25
4.2 Descripción del experimento	25
4.3 Materiales y equipo	25
4.4 Extracción de las muestras de suelo.....	26
4.5 Manejo de las muestras	26
4.5.1 Secado y empaquetado	26
4.5.2 Traslado de las muestras de suelo al laboratorio analítico	27
4.5.3 Extracción de organoclorados (OC) en suelos mediante extracción en fase sólida.....	27
4.5.4 Análisis de la información sobre residuos de plaguicidas.....	28
V. RESULTADOS Y DISCUSION	30
5.1 Análisis de residuos de plaguicidas	30
5.1.1 Diclorodifeniltricloroetano (DDT).....	30
5.1.2 Endosulfan II.....	32
5.1.3 Cis nonaclor, Aldrin y Benifenilos policlorados (PCB`s)	33
5.2 Características fisicoquímicas de los suelos estudiados	35
5.2.1 Materia Orgánica.....	35
5.2.2 Densidad aparente	37
5.2.3 Capacidad de intercambio cationico	38
5.2.4 Nivel de alcalinidad y acides del suelo (pH)	40

5.2.5 Textura.....	41
5.2.6 Nitrógeno	42
5.2.7 Fosforo.....	43
5.2.8 Capacidad de campo.....	44
5.2.9 Potasio	45
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	50
VI. BIBLIOGRAFIA	52
ANEXOS	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precios de comercio justo en el año 1999.....	13
Tabla 2. Textura presente en los suelos de las fincas muestreadas.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. DDT total existente en suelos de las fincas muestreadas.....	30
Figura 2. Endosulfan II existente en los suelos de las fincas muestreadas.....	32
Figura 3. Niveles de Cis nonaclor existente en suelos de las fincas muestreadas.....	33
Figura 4. Concentración de Aldrin existente en suelos de las fincas muestreadas.....	34
Figura 5. PCB`s presentes en suelos de las fincas muestreadas.....	34
Figura 6. Contenido de materia orgánica existente en las fincas muestreadas.....	36
Figura 7. Densidad aparente existente en las fincas muestreadas.....	38
Figura 8. Capacidad de intercambio cationico (C.I.C.) existente en las fincas muestreadas.....	40
Figura 9. Concentración de pH existente en suelos de las fincas muestreadas.....	39
Figura 10. Niveles de nitrógeno existente en suelos de las fincas muestreadas.....	41
Figura 11. Cantidad de fosforo presente en suelos de las fincas muestreadas.....	43
Figura 12. Capacidad de campo existente en los suelos de las fincas muestreadas.....	44
Figura 13. Porcentaje de potasio (K) existente en los suelos de las fincas muestreadas.....	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Historial de manejo agronómico en la fincas San Nicolás.....	59
Anexo 2. Historial de manejo agronómico en la finca Argovia.....	62
Anexo 3. Historial de manejo agronómico en la finca Maravillas.....	65
Anexo 4. Imágenes de muestreos efectuados.....	68
Anexo 5. Concentración de residuos de plaguicidas existentes en el suelo de las fincas muestreadas, expresadas en mg/kg.....	69
Anexo 6. Características fisicoquímicas en suelos de las fincas muestreadas.....	72

Santos Chandias, P.A., (2011). Niveles de residuos de insecticidas organoclorados y características fisicoquímicas presentes en suelos de fincas orgánicas y convencional de *Coffea arabica*, en Tapachula, Chiapas, México. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 83 pp.

RESUMEN

Con el fin de determinar las concentraciones de residuos de insecticidas organoclorados y las características fisicoquímicas existentes en el suelo, se realizó un estudio en tres fincas de café (*Coffea arabica*), con diferente manejo agronómico, dos orgánicas (San Nicolás y Argovia) y una convencional (Maravilla), en Tapachula, Chiapas, México, se muestreo el suelo de cada finca, extrayendo cuatro muestras compuestas por finca, y cada una estuvo formada por diez sub-muestras (de cuatro onzas cada una) extraídas al azar en toda la finca a una profundidad de 0-30 cm. En laboratorio se determinó a través del cromatógrafo de gases, la presencia de: DDE pp, Endosulfan II, Cis nonaclor, Aldrin y algunos bifenilos policlorados (PCB`s); las cantidades en mg/kg presentes en las fincas de los contaminantes antes mencionados en su orden fueron: San Nicolás (0.017, 0.00051, 0.00152, 0.0066 y 0.0129), Argovia (0.003, 0.00065, 0.00036, 0.00270 y 0.0088), Maravillas (0.002, 0.00192, 0.00046, 0.0026 y 0.0047), se concluye que en las tres fincas existen residuos tóxicos de organoclorados que fueron utilizados desde hace 30 o más años, debido a la alta persistencia de los mismos. Según criterio de los especialistas las concentraciones encontradas son bajas por lo que no conlleva un riesgo para los consumidores de café provenientes de las fincas. También por medio del espectrofotómetro de absorción atómica se determinó la presencia de: N, P, K, M.O. densidad aparente, pH, textura, capacidad de campo y capacidad de intercambio cationico. Las características fisicoquímicas de los suelos, fueron comparadas entre las tres fincas con diferente manejo agronómico, esto nos mostró que aunque existen algunas tendencias como en la materia orgánica, que es mayor en las fincas orgánicas en comparación con la finca convencional, no existe mucha diferencia entre las características físico-químicas de los suelos en estudio.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café tiene su origen en Etiopía, es considerado uno de los vegetales más conocidos en el mundo entero y de mayor antigüedad en la agricultura. Existen cien especies de café, de las cuales *Coffea arabica* es la principal especie cultivada en el mundo con un aporte del 70% de la producción mundial de café, ya que produce grano de mejor calidad (Santacreo 2001).

El rubro del café adquiere su importancia en la industria, alimentación e investigación, contribuye en la generación de fuentes de empleo directos e indirectos, además para Honduras y otros países constituye una fuerte generación de divisas como producto de las exportaciones realizadas (B.C.H. 2006).

El empleo de productos químicos para controlar plagas, principalmente insectos, se remonta posiblemente a los tiempos de Grecia y Roma clásica, cabe mencionar que en las explotaciones de café se utilizan muchos de estos productos químicos, entre ellos: los insecticidas organoclorados; DDT, HCH, Toxafeno, Endosulfan, Lindano, Aldrin, Dieldrin, Endrin y Sulfato de endosulfan. Otros insecticidas utilizados son: Cipermetrina, Metamidofos, Fungicidas sistémicos, Carboforan, Tiabendazol Mancozeb y Sulfato de cobre. También se utilizan herbicidas como ser: Glifosato, Paraquat, 2,4-D amina (Mansingh y Wilson 1995).

En muchos cultivos orgánicos y tecnificados de café se han reportado niveles de residuos de plaguicidas. Aún cuando en los sistemas de producción orgánica no se apliquen plaguicidas, estos pueden llegar por deposiciones atmosféricas o, en caso de los organoclorados, por la persistencia que poseen en el suelo a través de los años. En Chiapas, México, se han reportado altos niveles de plaguicidas organoclorados, por lo que es probable que los mismos estén en el suelo desde hace varios años, desde que los

mismos fueron utilizados por primera vez en las plantaciones. Por otra parte, los suelos con manejo orgánico podrían hacer que estos plaguicidas fueran retenidos en mayor grado y que esto disminuya su biodisponibilidad y biodegradación (Piccolo 2002, Gevaio *et al.* 2003).

En los suelos cultivados sin sombra, la erosión podría ocasionar mayores niveles de lixiviación de los plaguicidas. En cuanto se refiere a un manejo conservacionista del suelo, esto conduce a un aumento en la intercepción de los plaguicidas aplicados, esto se debe a una mayor presencia de materia orgánica (Locke 1992, Novak *et al.* 1996, Zablotowicz *et al.* 2000).

El estudio se realizó con el fin de identificar, primeramente, si existen diferencias en los niveles de residuos de insecticidas organoclorados en suelos de fincas orgánica y convencional y, posteriormente determinar, si los niveles de residuos de plaguicidas encontrados se relacionan con las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar si existen diferencias en los niveles de residuos de insecticidas organoclorados y características fisicoquímicas en suelos de fincas cafetaleras orgánicas y convencionales.

2.2 Específicos

Caracterizar el historial de manejo agronómico de las fincas en estudio.

Determinar las características fisicoquímicas de los suelos.

Identificar y cuantificar insecticidas organoclorados presentes en los suelos de las fincas en estudio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El café en el mundo

El café tiene una importancia económica excepcional para los países exportadores, puesto que varios de ellos dependen del café para la obtención de más de la mitad de sus ingresos de exportación y se calcula que aproximadamente 25 millones de familiares de caficultores del mundo dependen del café para su subsistencia (OIC 2008).

Debido a la sobreproducción de granos, a principios de esta década hubo una caída catastrófica del precio, afectando seriamente la economía de los países productores. Esa temporada fue considerada como la más devastadora en la historia del grano y, como consecuencia, los productores abandonaron sus cosechas, dejaron de fertilizar y limpiar (Creelman 2005). Cuando ocurren estas bajas hay grandes consecuencias sociales y económicas, las familias se ven obligadas a sacar sus hijos de la escuela, no pueden pagar medicinas básicas y reducen su alimentación; por su parte, los gobiernos reducen ingresos y disminuyen presupuesto para salud y educación (Pereira 2006).

Si los bajos precios obligan al caficultor a descuidar sus fincas, el suministro de café de calidad para los países consumidores se ve obstaculizado (Mercado 2009).

3.2 El café en Honduras

En Honduras, hablar de café es adentrarse en la comprensión de las características propias de la cultura nacional y del orgullo de más de cien mil familias productoras. La producción nacional está concentrada mayoritariamente en pequeños y medianos productores (90% del total) los cuales producen el 82% de la producción nacional; es decir, que es uno de los cultivos con mayor capacidad para redistribuir riqueza (Café de marca 2008).

Honduras cuenta con una superficie total de café de 236,462 ha (8% de la superficie mundial cultivada), produce un 3% del café mundial y aproximadamente el 10% de la población depende del café. La mayor producción de café se presenta en el occidente del país alcanzando el 45% del total, seguido por la zona oriental con 25%, región centro-sur con el 20% y la parte norte con 10%. Se identifican cinco regiones cafetaleras en el país como son: Copán, Opalaca, Montecillos, Azul Meambar y Agalta Tropical (Café de marca 2008). En Honduras se cultiva bajo sombra entre el 95% y el 98% de toda la producción de café, con unos rendimientos aproximados de 700 a 800 kg/ha (González 2008).

Según la central de cooperativas cafetaleras de Honduras, desde hace 8 años unas 600 familias cultivaban café orgánico en 12 departamentos de Honduras en unas 2000 hectáreas de tierra. La producción de café orgánico, exige prácticas agrícolas que sustituyen materiales sintéticos no permitidos por productos que contribuyen para obtener un ecosistema rico en vida silvestre. La central usa normas de Estados Unidos, Unión Europea, estándares de prácticas orgánicas de IFOAM y el reglamento de agricultura orgánica de Honduras (La Central 2009).

Entre las distintas calidades de café que se producen en Honduras están: café gourmet con características de calidad y sabor diferenciadas, Strictly High Grown (SHG) el que se produce a alturas mayores a los 1300 msnm, Highb Gown (HG) entre 900 y 1300 msnm y Estándar (STD) hasta 900 msnm. También cuenta con seis tipos de certificaciones socio ambientales como son: Orgánico, UTZ Kapeh, Rain Forest Alliance, Café Practice, Comercio Justo y Bird Friendly. Los Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Japón son los principales compradores del café Hondureño (Información... 1999).

3.3 El café en México

La cafecultura en México tiene importancia económica y social considerable y tiene sus cimientos a finales del siglo XVIII, cuando ya se habían registrado las primeras

exportaciones del grano provenientes de Córdoba, Veracruz. Debido a la guerra de Independencia, el cultivo fue abandonado, retomándose hasta 1817 (Gómez 1998).

En México, el principal estado productor fue Veracruz, siguiéndole Colima, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Tabasco. En la misma época el cultivo se extendió a los estados de Jalisco, Tamaulipas, Durango, México, Nayarit, Sinaloa y Coahuila. (López, 1968). Actualmente el café se cultiva en doce estados de la República Mexicana, que en orden de importancia son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Tabasco, Colima y Querétaro. La superficie con cafetos en el país representa 3.2% de la tierra sembrada, según cifras del último censo cafetalero realizado por el Instituto Mexicano del Café (López 1968).

Las regiones cafetaleras se concentran en cuatro zonas: las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, la zona Centro-Norte y la del Soconusco en Chiapas, en el sureste mexicano, que en conjunto abarcan 398 municipios en los 12 estados productores (López 1968).

Desde el punto de vista económico, entre 1985 y 1991 el café participó en promedio con el 2.6% del valor total de las exportaciones y 36% del valor de las exportaciones agrícolas, porcentaje que se reduce sensiblemente entre 1990 y 1993, debido a los bajos niveles de precios prevalecientes en esos años. No obstante que el repunte de precios posterior a 1994 incidió en una mayor participación de este producto en el valor de las exportaciones, su importancia total ha declinado, aunque sigue siendo el principal producto agrícola de exportación (González 1998).

En 1997 se captaron 827 millones de dólares por la venta de café en los mercados internacionales, lo que representa el 1.43% del PIB agropecuario, mientras que en 1996, México captó divisas por concepto de exportaciones de café, del orden de los 795.5 millones de dólares, 85% del total se debió al café verde sin descafeinar (676.7 millones), 67 millones por café verde descafeinado y 30 millones por extractos, esencias y concentrados (Gonzales 1998).

Según el último censo del Inmecafé, de todas las ramas de producción, procesamiento y comercialización del café dependen alrededor de tres millones de personas, ocupando más de 280,000 unidades agrícolas, de las cuales 92% es menor a cinco hectáreas y aportan alrededor de 50% de la producción nacional. Por superficie cosechada, el cafeto figura entre los principales cultivos del país ocupando el quinto lugar después del maíz, frijol, sorgo y trigo (López 1968).

Por otra parte, el consumo interno de café (hasta 1996) se estimaba en alrededor de 1,050,000 sacos (de 60 Kg.) de café, equivalente a 700 gramos per cápita al año. Dicho consumo es bajo si se compara con el de Estados Unidos (3.72 Kg.), Francia (5.7 Kg.), Alemania (8.5 Kg.) o Suecia (11 Kg.) (Gómez, 1998). La posición de México como primer productor en el grupo de los "otros suaves" y la importancia del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, que es al mismo tiempo el primer consumidor de café del mundo, colocan a México en una posición de relativa ventaja frente a otros países, especialmente con quienes compite de manera más cercana (Centroamérica y Colombia) (Gonzales 1998).

3.4 Variedades

Según Santacreo (2001) de las dos especies comerciales de café existentes (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*), la única cultivada en Honduras es la *Coffea arabica* a la cual pertenecen las variedades: Tipyca, Bourbon, Villa Sarchi Catuai, Mundo Novo, Híbrido timor, IHCAFE 90 y Lempira.

En Honduras y en varios países productores se practica la caficultura natural por los medianos y pequeños productores ubicados en terrenos de ladera, propio de la periferia de zonas montañosas, áreas protegidas y microcuencas donde las actividades que ejecutan se limita a limpia y recolección de la cosecha, predominando el uso de variedades de poca exigencia y adaptación a condiciones adversas como Bourbon y Tipyca (Irías *et al.* 2000).

3.5 Manejo agronómico

3.5.1 Manejo de sombra en café

En caso de utilizar sombra debemos anotar que, en general, el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto, pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. Las plantaciones de café arábico de altura invariablemente necesitan menos sombra que las que se sitúan más abajo. El espaciado y la cantidad de poda a los árboles de sombra en las plantaciones de café, depende en particular de la especie y de la localidad donde esté sembrada (Cultivo... 2002).

La sombra es un buen factor en la producción de café suave, regula la absorción e infiltración de agua (Figuerola, 1998). Los distanciamientos de siembra de los árboles de sombra variarán de acuerdo a diferentes factores, pero principalmente de la altura sobre el nivel del mar. En fincas con alturas de 600 a 900 msnm se utiliza un distanciamiento de 8x8 m, de 900 a 1200 msnm se puede utilizar 10x10 m y cuando la siembra es mayor de este rango se utiliza 12x12 m y hasta 14x14 m en estricta altura (Irías *et al.* 2000).

3.5.2 Fertilización

El cafeto requiere, para su crecimiento y producción, nutrimentos que en principio los absorbe del suelo. Por esa razón, es importante conocer la fertilidad del suelo a través de análisis químicos del suelo y foliar para saber las cantidades complementarias a aplicar con la fertilización, las cuales pueden ser fuentes químicas u orgánicas. Estas se pueden aplicar tanto al follaje como al suelo y debe hacerse al voleo, en el plato o en la banda de aplicación (PROCAFE 2006).

Según Valencia (1998), para fertilizar se debe considerar lo siguiente: si son árboles jóvenes, estos se fertilizan en la etapa de crecimiento acelerado hasta el inicio de floración (18 meses aproximadamente), en socas se debe iniciar la fertilización tres

meses después del corte (Zoqueo o poda) y cafetal en producción cuando la planta tenga dos años en el campo con dosis anuales repartidas en dos aplicaciones. El buen uso de los fertilizantes permite obtener los rendimientos más altos posibles con los mismos costos.

Con la aplicación de abonos orgánicos se nutre la planta y aumenta la cantidad y actividad de los microorganismos, genera humus, mejora la estructura, textura y capacidad de intercambio catiónico de los suelos a diferencia de fertilizantes químicos que provocan un desequilibrio (Mercado 2009). Los abonos orgánicos deben ser preparados con antelación a la época de aplicación, las cuales pueden ser de mayo a junio (al inicio de la lluvia) y entre octubre y noviembre, con cantidades de acuerdo al estado de desarrollo de la planta (Christiansen 2006).

3.5.3 Manejo de malezas

Según estimaciones hechas por la FAO, las pérdidas por malezas alcanzan el 15 % de la producción total del cultivo a nivel mundial. Por esto se debe pensar en un manejo poblacional de las malezas sin pensar en su erradicación, entendiendo que la presencia de estas plantas favorece la estabilidad biológica y química de los ecosistemas cafetaleros. En conclusión debemos hacer un control de malezas sistematizado e integral, por eso debemos combinar los factores culturales, químicos y mecánicos (Ordoñez *et al.* 2001).

3.5.4 Plagas del café

Hoy en día hay reconocidas más de cien especies de insectos que viven en armonía en los cultivos de café y sólo tres de ellos representan un impacto económico para los caficultores. Una de estas es la broca de café (*Hypothenemus hampei*) que es la plaga más dañina que ha afectado el cultivo en toda su historia. Otra de las plagas de importancia es el minador de la hoja (*Leucoptera coffeellae*), la cual afecta el área fotosintética y causa defoliación de los árboles. Por último, la palomilla de las raíces

(*Dysmicoccus spp.*) que afecta el cuello de la raíz y el único control es preventivo ya que establecida en un lote es muy difícil de erradicarla (Principales...2006).

3.5.5 Enfermedades del café

El café resulta muy afectado por una serie de hongos que encuentran en su tejido el lugar apropiado para su desarrollo y reproducción, causando estas diferentes enfermedades a la planta. Entre las principales enfermedades de café están: Ojo de gallo (*Mycena citricolor*), Mancha de Hierro o Chasparria (*Cercospora coffeicola*), Roya (*Hemileia vastatrix*), Mal de Hilachas (*Pellicularia koleroga*) y la enfermedad rosada (*Corticium salmonicolor*), siendo la enfermedad ojo de gallo la que más preocupa a los cafetaleros y que mayores pérdidas provoca en la actualidad, por lo que requiere muy buena planificación para su control (Barrios 2000).

3.5.6 Podas del cafeto

La poda del cafeto es una actividad fundamental dentro de las prácticas de manejo del cultivo que debe ser considerada y convincentemente planificada para asegurar abundantes cosechas que permitan al caficultor una rentabilidad a largo plazo. Como resultado de las podas se obtienen los siguientes beneficios: renovar tejido productivo, se estimula la producción con mayor entrada de luz, mejor relación cosecha/follaje, disminuir condiciones favorables para plagas y enfermedades, etc. Hay dos tipos de poda, una es el descope (que puede ser alto a 1.70 m de la altura de la planta y bajo a 1.50 m) y la otra es la recepa a 0.04 m del nivel del suelo para renovar tejidos (Palma 2001).

3.5.7 Cosecha

Según Pacheco (2005), la cosecha consiste en desprender los frutos de las plantas, utilizando el “sobado”, que consiste en arrancar las cerezas tiernas, sazonas y maduras, recorriendo la rama con la mano entre cerrado. Este método destruye las yemas y determina bajos niveles de producción en la próxima cosecha y por supuesto mala

calidad del producto por lo cual se debe descartar esta práctica. El procedimiento correcto es el “pepiteo”, que consiste en cosechar únicamente las cerezas que están completamente maduras, una por una. Además de evitar el daño a la planta, asegura la recolección de un grano de buena calidad para ser beneficiado.

3.5.8 Beneficiado

El beneficiado es el proceso por el cual se prepara el café para exportación y comprende una serie de etapas y procesos para la estabilización de las calidades del fruto. En Honduras el 90 % del café se beneficia por vía húmeda y es destinado a la exportación y el 10 % restante es procesado por la vía seca. La vía húmeda está comprendida por dos fases: la fase “húmeda” y la fase “seca”. La fase húmeda comprende la recolección, recibido, despulpado, desmucilaginado, lavado, clasificado y secado del café al 12 % de humedad. La fase seca es la preparación del café pergamino seco a oro para exportación y comprende el almacenamiento, trillado, clasificado, catado y envasado (Pineda *et al.* 2001).

3.6 Comercialización

3.6.1 Comercialización interna de café

La comercialización del café está orientada a la exportación donde es canalizada el 92% de la producción nacional del grano. Esta estructura de mercado interna es relativamente compleja debido al alto nivel de intermediación de comerciantes, particularmente cuando los precios del grano en el mercado son altos, considerándose a los intermediarios como la principal clientela en un 76% a 81% de los productores. Otro canal de comercialización, y segundo en importancia, son las cooperativas cafetaleras, algunas de las cuales son exportadoras por lo cual pueden ofrecer mejores niveles de precio a los productores afiliados y esta les confiere un 10% a 15% de la clientela a los productores (Ibarra *et al.* 1995).

3.6.2 Comercialización externa de café

Como todo producto de exportación, esta comercialización está controlada por el estado en las aduanas y puertos de embarque. De manera especial también, estas exportaciones están reguladas por los mecanismos de convenios internacionales del café, del cual Honduras es país signatario y bajo estos mismo convenios los volúmenes exportados se rigen por cuotas que han sido asignadas a cada país por la Organización Internacional del café (OIC), y así exportar a los países consumidores que son miembros de la organización, correspondiéndole al Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) certificar el origen de las exportaciones, controlar la calidad del grano declarada por el exportador y también autorizar el almacenamiento en depósito del café exportable (Ibarra *et al.* 1995).

3.6.3 Diferencial de precios entre el café orgánico y el café convencional

El café orgánico continúa esculpiendo un importante nicho de mercado. Los estimados sugieren que la actual demanda mundial de café orgánico certificado sobrepasa la oferta (Courville 1999). La creciente demanda por café orgánico puede ser explicada en términos del movimiento entre los consumidores al pensar en los efectos sobre su salud que tienen los productos que consumen, así como también por la gran popularidad de los cafés gourmet. En respuesta a estas tendencias del mercado, muchos de los grandes productores de café, incluyendo Brasil y Colombia, están aumentando su producción y exportación de café cultivado orgánicamente para satisfacer la creciente demanda (McLean 1998).

Los cafés orgánicos comprenden el 30% del mercado de los Estados Unidos, con aproximadamente seis millones de sacos de 60 Kg de café. La Asociación Americana de Cafés Especializados (SCAA) estima que el mercado Norteamericano para cafés orgánicos fue de \$5.6 billones en 1999 comparados con el estimado para el mercado convencional de \$18 billones (Sturdivant 1999).

Los precios de venta del café durante 1999 se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Precios de Comercio Justo en el año 1999

Tipo de Café	Convencional		Orgánico Certificado	
	Centro América, México, África, Asia	Sur América y El Caribe	Centro América, México, África, Asia	Sur América y El Caribe
Arábigos lavados	US\$ 1.26 / libra	US\$ 1.24 / lb	US\$ 1.41/ lb	US\$ 1.39/lb
Arábigos no lavados	1.20	1.20	1.35	1.35
Robustas lavados	1.10	1.10	1.25	1.25
Robustas no lavados	1.06	1.06	1.21	1.21

Fuente (Sturdivant 1999).

En cuanto al precio mínimo de comercio justo para el café, hasta abril de 2011, se produjo un incremento en el arábigo lavado de 1.25 a 1.40 dólares por libra, y en el arábigo no lavado se incremento de 1.20 a 1.35 dólares (Schloepker 2011)

3.7 Retención de plaguicidas en los suelos

3.7.1 Influencia de la materia orgánica en la retención de plaguicidas

La materia orgánica de los suelos es sometida a conversiones químicas y biológicas, así como a interacciones físico-químicas con orgánicos y minerales constituyentes del suelo. La conversión de los compuestos de carbono se rige por la comunidad microbiana, la cual produce y consume diferentes cantidades de carbono en un proceso dinámico. Los reservorios de carbono, de diversas características físico-químicas, se asocian con componentes minerales; la unión de los plaguicidas con estos componentes órgano-minerales de estructuras complejas, influye decisivamente en procesos como la movilización, inmovilización, biodisponibilidad y el transporte (Piccolo *et al.* 1996, Gevaio *et al.* 2003).

La materia orgánica natural tiene influencias significativas en el almacenamiento, la filtración, amortiguamiento, la degradación y funciones de la inactivación de los plaguicidas. El conocimiento de las transferencias de masas en los suelos en el transcurso de un año y, específicamente, las interacciones físico-químicas y biológicas son la clave para la comprensión de las funciones de filtración y amortiguamiento de los suelos (Buckley y Schmidt 2003).

La alta cantidad de biomasa microbiana en el suelo continuamente influye en la química y bioquímica del metabolismo de los plaguicidas que interactúan directamente con el volumen total de materia orgánica. Cada año, hasta 10 toneladas de sustancias orgánicas (abonos orgánicos como el estiércol, residuos de cosecha, exudados de las raíces y la biomasa muerta) se convierten en 1 ha de suelo, para mantener el contenido de carbono orgánico (Corg) estable en el horizonte de la tierra vegetal (Burauel *et al.* 1998).

3.7.2 Efecto de la labranza en la interceptación de plaguicidas

La acumulación de residuos orgánicos en la superficie del suelo (cubierta protectora del suelo) en la labranza de conservación en general, conduce a un aumento en la interceptación de los plaguicidas aplicados, en particular para pesticidas o plaguicidas apolares o con una baja polaridad (Locke 1992, Novak *et al.* 1996; Zablotowicz *et al.* 2000). Esta interceptación depende de la cantidad y tipo de residuos de los cultivos. Por ejemplo, con una proporción del 30% de la superficie del suelo cubierta por residuos, se encontró un rango de 40% a 70% de la dosis aplicada de varios herbicidas de preemergencia (Banks y Robinson 1982, Isensee y Sadeghi, 1994, Sadeghi e Isensee 1997).

Los procesos de retención están estrechamente asociadas con la intervención de los suelos; en efecto, los residuos de cosecha tienen la capacidad de absorción de 10 a 60 veces más alta que el suelo y puede modificar de manera significativa la disponibilidad y la migración de plaguicidas en el suelo (Boyd *et al.* 1990, Reddy *et al.* 1995).

3.7.3 Residuos de plaguicidas en suelos

En muchas fincas orgánicas y tecnificadas de café se han reportado niveles de residuos de plaguicidas en el suelo y, por ende, estos pueden ser translocados por la planta hacia el fruto influyendo en la calidad de este. Aún cuando en los sistemas de producción orgánicos no se apliquen plaguicidas, estos pueden llegar por deposiciones atmosféricas o, en caso de los organoclorados, por la persistencia que poseen en el suelo a través de los años. En Chiapas, México, se han reportado altos niveles de plaguicidas organoclorados por lo que es probable que los mismos estén en el suelo desde hace varios años, desde que los mismos fueron utilizados por primera vez en las plantaciones de café; sin embargo, los suelos con manejo orgánico, podrían hacer que estos plaguicidas fueran retenidos en mayor grado y que esto disminuya su biodisponibilidad y biodegradación (Piccolo 2002, Gevaio *et al.* 2003).

El manejo del suelo influye mucho en la retención de los residuos de insecticidas organoclorados y herbicidas. Por ejemplo, en los suelos cultivados sin sombra, la erosión podría ocasionar mayores niveles de lixiviación de los plaguicidas. En cuanto se refiere a un manejo conservacionista del suelo, esto conduce a un aumento en la interceptación de los plaguicidas aplicados, esto se debe a una mayor presencia de materia orgánica y de residuos de plantas (Locke 1992, Novak *et al.* 1996, Ramos y Locke 1992, Zablotowicz *et al.* 2000).

El suelo está compuesto de materia orgánica, limo, arcilla y arena. Son superficies sólidas pero la materia orgánica adsorbe mucho más plaguicida por unidad de peso que los demás componentes del suelo, aunque este proceso es más complicado que el correspondiente a la fracción mineral. Sin embargo, el proceso de adsorción y comportamiento del plaguicida se ve afectado principalmente por la adsorción del plaguicida en las células de los microorganismos que en él persisten, influyendo en la retención, degradación y distribución de los plaguicidas en el suelo (ISIC 1985).

3.8 Insecticidas organoclorados

El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir plagas, principalmente insectos, se remonta posiblemente a los tiempos de Grecia y Roma clásicas. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas (Artica, 2007). En el Siglo XVI, los chinos empleaban arsenicales como insecticidas y poco después empezó a usarse la nicotina extraída del tabaco. En el siglo XIX se utilizaron el pelitre (planta de sabor salino muy fuerte a la que se le añadió kerosene) y jabón para combatir los insectos (OMS 1992).

Tiempo después se utilizaron los compuestos orgánicos, entre ellos los organoclorados (OC). El primer plaguicida OC, y el más conocido, fue el DDT (dicloro difenil tricloroetano), que se sintetizó por primera vez en 1874, pero sus propiedades insecticidas se descubrieron solo hasta 1939, cuando se le utilizó para proteger la lana contra la polilla. Durante la Segunda Guerra Mundial resultó ser muy efectivo para combatir el piojo del tifus y evitar la proliferación de epidemias. Posteriormente fue empleado para enfrentar todo tipo de plagas artrópodos (Restrepo 1988).

Murty (1986) menciona que en las dos décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial hubo un uso indiscriminado de compuestos OC, especialmente en Norte América con el DDT, mientras que en Gran Bretaña y Japón fueron los ciclodienicos (aldrin y dieldrin en particular) y el hexacloro ciclohexano (HCH). Aunque en los últimos años el DDT ha tenido mala fama, la Organización Mundial de Salud (OMS) ha estimado que hasta 1971, más de un billón de personas han sido salvadas del riesgo de contraer malaria por el uso de este. En México, el empleo de plaguicidas se inició en 1946 (Rueda 1993).

3.8.1 Clasificación de los plaguicidas

Según ISIC (1985) los plaguicidas se clasifican **según su uso** en: Insecticidas, larvicidas, rodenticidas, molusquicidas, herbicidas, ovicidas, Nematicidas, Alguicidas y

fungicidas. **Según su composición química** en: Organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, hidrocarburos clorinados y ester-organo-fosforados.

3.8.1.1 Clasificación de los insecticidas organoclorados

Según Marshingh y Wilson (1995) son derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos (HCH, lindano), otros son derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos (DDT, p,p'DDT, p,p'DDE) y otros son derivados halogenados de hidrocarburos ciclodienicos (Aldrin, Dieldrin).

De los anteriores, los más estudiados son el DDT (dicloro difenil tricloroetano) p,p'DDE, Endrin, p,p'DDD, hexaclorociclohexano (HCH), Lindano (Gamma HCH), Toxafeno {canfeno clorinado técnico (67-69% cloro)}, Heptacloro, Aldrin, Epoxido de heptacloro, Endosulfan I y II, Dieldrin, Endrin y Sulfato de endosulfan (Mansingh y Wilson 1995).

3.8.2 Persistencia de los insecticidas organoclorados

Todos los organoclorados son considerados sustancias persistentes, ya que su tiempo promedio de degradación es de 5 años; lo anterior obedece a que sus estructuras químicas son muy estables y se degradan lentamente bajo condiciones ambientales extremas. Entre los compuestos más persistentes (50% de pérdida de toxicidad) destacan el Toxafeno (11 años), el DDT y Endrin (10 años), Clordano (8 años), Dieldrin (7 años), Aldrin (5 años), Heptacloro (4 años) y Lindano (2 años) (Burauel y Babman 2004).

Generalmente los organoclorados se utilizan como insecticidas, acaricidas específicos, herbicidas y fungicidas. El Endosulfan es uno de los más utilizados aunque su uso legalmente está restringido para emplearse solo en las plantaciones de café (Artica, 2007). En Australia se utiliza extensivamente para una gran variedad de actividades de agricultura, principalmente en la industria del algodón (Peterson y Batley 1993).

Mientras que en Brasil es un insecticida aplicado en las cosechas de cocoa, café, algodón y frijol de soya (Jonsson y Toledo 1993).

En Honduras según Muñoz (2011), aunque hay un decreto emitido por el Congreso Nacional, en donde se indica que el Endosulfan solo debe utilizarse en el cultivo del café para el control de la broca, este producto en donde más se usa es en plantaciones de hortalizas, lo que significa que la población hondureña se está contaminando por el consumo de estos productos, los que generalmente contienen altos contenidos de residuos tóxicos y la mayoría de ellos se consumen frescos.

El uso generalizado de los organoclorados se debe a dos razones principales, la primera de ellas es su persistencia, ya que al ser sustancias estables sus ingredientes permanecen activos durante un periodo largo de tiempo; sin embargo, esta misma persistencia resulta perjudicial al dar como resultado una degradación lenta del compuesto. La segunda razón es el hecho de que la mayoría de los OC son muy económicos, sobre todo el DDT (comúnmente, el plaguicida mas toxico tiene un precio menor) (Benitez y Barcenás 1996).

En México, actualmente se usan alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados aproximadamente en 60,000 preparaciones comerciales. El país fabrica 36 ingredientes activos entre los que se encuentran el DDT, HCH, Toxafeno y Endrin, comercialmente el DDT se vende como "Agritan" y "Gerasol", el Endosulfan como "Thiodan" y "Endosulfan" y el Lindano se encuentra como "Lincide" (Rueda 1993).

En el Estado de Chiapas, diversas áreas se dedican a la agricultura de plantaciones de café, plátano, mango, soya, sorgo y algodón; por lo mismo, se utilizan extensamente los agroquímicos, incluyendo los organoclorados, estos ingresan a los ambientes costeros principalmente por medio del aporte fluvial, detectándose niveles importantes de OC en los sistemas lagunares (Rueda 1993).

La presencia de organoclorados en regiones primitivas resulta principalmente del transporte atmosférico desde áreas industrializadas, por lo que este grupo de productos

químicos ha sido reconocido desde hace varias décadas como contaminante ambiental global (Espeland *et al.* 1997).

3.9 Propiedades físicas y químicas del suelo

3.9.1 pH

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Jaramillo 2001).

3.9.2 Textura

La fase sólida del suelo está compuesta por partículas de naturaleza mineral las que de acuerdo a su diámetro pueden clasificarse en fracciones de arena, limo y arcilla. Las proporciones de limo, arcilla y arena que componen la masa del suelo son llamadas textura del suelo, la textura está estrechamente relacionada con la composición mineral y el espacio poroso del suelo. La textura tiene influencias sobre el movimiento y la disponibilidad de nutrientes (Cabeda 1984)

El tamaño de las partículas que predominan determina la textura del suelo; se dice que un suelo es de textura gruesa cuando las partículas predominantes son de tamaño grande; en cambio, los suelos de textura fina son aquellos cuyas partículas predominantes son las de menor tamaño; además, las distintas partículas difieren

bastante en cuanto a sus propiedades físico-químicas, por lo cual, la naturaleza de los suelos minerales está determinada, en gran parte, por el grupo de separados que predominan en él (Jaramillo 2001)

3.9.3 Densidad

La densidad del suelo es la masa de las partículas del suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros, se expresa en gr/cm³. La densidad del suelo se relaciona con otras características del suelo, los suelos arenosos de baja profundidad tienen una mayor densidad (1.2 a 1.8 gr/cm³) que los suelos arcillosos (1-1.6 gr/cm³) los cuales tienen mayor volumen de espacio de poros, la materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propiedad de baja densidad (Cabeda 1984).

3.9.4 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo está compuesta por todos los materiales orgánicos muertos, de origen animal y vegetal, junto con los productos orgánicos producidos en su transformación. Una pequeña fracción de materia orgánica incluye materiales ligeramente transformados y productos que han sido completamente transformados, de color oscuro y de alto peso molecular, llamados compuestos húmicos (Cabeda 1984).

Después que se han añadido residuos orgánicos frescos al suelo hay un rápido aumento en la población de organismos, debido a la abundancia de material fácilmente descompuesto, incluyendo azúcares y proteínas (Cabeda 1984).

La materia orgánica favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Esta asociación incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más que su propio peso, lo cual es especialmente en el caso de los suelos arenosos. La materia orgánica incrementa la retención de los nutrientes del suelo disponibles para la planta debido a su capacidad de intercambio catiónico en el humus varía de 1-5 meq/g (Cabeda 1984).

3.9.5 Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C.)

Es la capacidad que tiene el suelo de absorber determinada sustancia; es un hecho conocido. Las partículas más finas del suelo (limo, arcilla y en menor proporción los óxidos hidratados de Fe, Al y Mg) tienen características coloidales lo que le proporciona una gran actividad y movilidad en la superficie, causando principalmente por la posesión de recarga eléctricas “que les permiten retener reversiblemente iones” intercambiándose con los existentes en la solución del suelo en un equilibrio. Este fenómeno es de gran importancia agronómica ya que esto permite una gran cantidad de iones esenciales que la planta puede extraer, y al no estar ligado a las partículas se lixiviaría provocando una pérdida. Todos los intercambiadores presentan cargas netas negativas y por ello se encargan del intercambio de cationes, pero hay que tomar en cuenta que existen diferentes tipos de carga en la fracción coloidal (Corbacho *et al.* 1998)

Las cargas negativa permanente, no dependen de las condiciones físico-químicas del suelo. Las cargas variables: dependen del pH existente, ejemplo el humus presenta carga negativa y por debajo carga positiva. Normalmente en los suelos existe mayor adsorción de cationes que de aniones debido a que existen mucho más abundantemente las cargas negativas (Corbacho *et al.* 1998)

3.9.6 Capacidad de campo (C.C.)

Capacidad de Campo (CC) es un concepto definido a partir de las experiencias de manejo del riego. Se define como el contenido de agua que retiene un suelo en contra de la fuerza de gravedad, en condiciones de equilibrio y cuando no existe extracción de agua del suelo por las plantas, sea esta por evaporación o transpiración. Se expresa como porcentaje sobre la masa o volumen y también como una altura de una columna de agua para una cierta profundidad del suelo (Corbacho *et al.* 1998)

La CC se podría definir también como la tensión límite, entre las aguas que escurren rápidamente y aquella que se mueve lentamente. Esta velocidad umbral es de 1×10^{-4}

cm/s. La tensión a que está sometida el agua a CC, es equivalente a 1/3 atmósferas (0.33 bares, 330 Pa, 330 centibares o 3.3 metros de columna de agua (m.c.a) (Cabeda 1984)

3.9.7 Fosforo

El fosforo es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutrimento limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Los análisis de fosforo sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (Jaramillo 2001).

El fósforo elemental (P) no se encuentra en estado libre en la naturaleza porque se oxida muy fácilmente; sin embargo, son muy comunes los compuestos orgánicos y principalmente minerales que contienen fósforo. En términos generales, el fósforo del suelo se clasifica en fósforo orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos que forme. La forma orgánica se encuentra en el humus y la materia orgánica, y sus niveles en el suelo pueden variar desde 0 hasta mayores que 0.2%. La fracción inorgánica está constituida por compuestos de hierro, aluminio, calcio y flúor, entre otros, y normalmente son más abundantes que los compuestos orgánicos. Solo una pequeña parte del P aparece en solución en suelo ($< 0.01-1 \text{ mg L}^{-1}$) (Jaramillo 2001)

3.9.8 Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida, forma parte de las principales biomoléculas de todos los seres vivos. Es también uno de los elementos más abundantes de la Tierra, pues en su forma gaseosa (N_2) constituye 78% de la atmósfera. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico (Jaramillo 2001)

El nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire. Dentro del suelo es aprovechado por las plantas,

animales y microorganismos que lo incorporan a sus tejidos. Cuando dichos organismos se mueren, el nitrógeno reingresa al suelo completando el ciclo. Este ciclo es complejo e involucra una serie de reacciones y organismos con diferentes metabolismos. Siempre comienza con compuestos orgánicos sencillos (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_2 , NH_3) y termina con compuestos orgánicos complejos; que a través de la descomposición regresan a la etapa de compuestos sencillos (Jaramillo 2001)

En los microorganismos la carencia de nitrógeno puede afectar el crecimiento, por lo que la población microbiana no tendrá un desarrollo óptimo. En contraste, demasiado nitrógeno permite el crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición; pero puede crear problemas de olor en condiciones anaerobias. Además, el exceso de nitrógeno puede ser liberado como amoníaco; en tanto que el nitrógeno aprovechable escapará en forma de gas. Para la mayoría de los materiales una relación C/N cercana a 10:1 mantendrá estos elementos en equilibrio aproximado, en los suelos normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% en sus diferentes formas (Jaramillo 2001)

3.9.9 Potasio

El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, siendo superado sólo por el N y, a veces por el Ca. Es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable. A diferencia del fósforo (o del azufre y por extensión del nitrógeno), el potasio está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente (K^+). A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo. No es tóxico y no causa eutrofización en los sistemas acuáticos (Jaramillo 2001).

Aunque el potasio juega numerosos roles en la nutrición de plantas y animales, no está incorporado a la estructura de los compuestos orgánicos. En cambio, permanece en forma iónica en solución en la célula (K^+), o actúa como un activador para las enzimas celulares. Interviene en la síntesis y acumulación de hidratos de carbono y proteínas. Las plantas exigentes en K producen grandes cantidades de azúcares (remolacha, caña

de azúcar, frutales, etc.). Influye en la tolerancia al frío y en la resistencia a la sequía. Mejora la calidad de las cosechas de granos y frutas. Además aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades (Jaramillo 2001)

IV. MATERIALES Y METODO

4.1 Localización

El experimento se realizó en el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) que cuenta con una Unidad de investigación y docencia en la ciudad de Tapachula, cabecera de la región del Soconusco, Chiapas, México. La temperatura promedio de esta zona es de 27° C, con una altura de 170 msnm, y las fincas de café se encuentran a una altura de 800 msnm. Tapachula consta de un área aproximada de 303 km², con las coordenadas 14°54` de latitud norte y 92°16` longitud oeste.

4.2 Descripción del experimento

Se utilizaron tres fincas dos orgánicas (San Nicolás y Argovia) y una convencional (Maravillas). El estudio se realizó entre los meses de Junio a Septiembre del año 2011, comenzando con la aplicación de una encuesta para conocer el historial de las fincas, encuestando a las personas que conocen las mismas desde unos 20 años atrás, lo que nos ayudó a determinar cuál ha sido el manejo que se les ha dado a dichas fincas (ver encuesta de anexo 1,2 y 3). También se recolectaron muestras de suelo para saber si existe o no presencia de residuos de plaguicidas en las fincas seleccionadas y para evaluar las características físicoquímicas de los suelos de estas fincas.

4.3 Materiales y equipo

El material y equipo utilizado para realizar el estudio fue: Barreno de media luna, palin, piocha, machete, encuesta, libreta de campo, bolsas de papel kraft, bolsas de polietileno con capacidad para 50 g (para recolectar suelo), Hielo, Carro, lápiz, marcadores, etiquetas, tres fincas de café (dos orgánicas y una convencional), computadora, cámara fotográfica, mortero de porcelana, tamiz de 1-2 mm, bandejas de aluminio, balanza

graduadora digital graduada en gramos, aluminio, cromatografo de gases, y espectrofotómetro de absorción atómica.

4.4 Extracción de las muestras de suelo

Por cada finca se extrajo tres cuatro compuestas de suelo y cada una de ellas formada por diez sub-muestras de aproximadamente cuatro onzas cada una (extraídas con el barreno), estas sub-muestras se homogenizaron (mezclándolas uniformemente), y se extrajo un kilogramo de suelo en forma cuarteada, o sea que la mezcla de las diez sub-muestras se dividió en cuatro secciones iguales, de las cuales se tomo un poco de cada una y se completo un kilogramo de suelo por muestra.

Las muestras de suelo se extrajeron a una profundidad de 0-30 cm, por sitio de muestreo, colocándolas en bolsas de papel kraft y luego en bolsas plásticas cerradas herméticamente para su posterior tratamiento. El lugar donde se realizó la extracción de las muestras fue la banda de fertilización de las plantas (en el área de goteo).

4.5 Manejo de las muestras

4.5.1 Secado y empacado

Las muestras obtenidas se secaron bajo sombra en un cuarto aislado, exento de contaminaciones, sobre bandejas de aluminio, cuidando de que estas no estuviesen contaminadas, posteriormente estas fueron trituradas con morteros de porcelana y utilizando un tamiz de 1-2 mm estas muestras fueron tamizadas para proceder al empacado. El empacado de las muestras se hizo en bolsas de papel kraft, las que fueron introducidas en bolsas plásticas cerradas herméticamente, garantizando su inviolabilidad hasta su llegada al laboratorio. El etiquetado se hizo inmediatamente después de recolectar cada una de las muestras para así evitar confusiones, esta etiqueta incluyo la siguiente información: clave de identificación, nombre de la finca muestreada, nombre del productor, profundidad de muestreo, fecha y hora de muestreo y nombre de la

persona que tomo la muestra (dicha información se coloco entre la bolsa de papel kraft y la bolsa plástica).

4.5.2 Traslado de las muestras de suelo al laboratorio analítico

Del kilogramo de suelo extraído por muestra, se envió medio kilogramo al laboratorio de ECOSUR con sede en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, en donde se realizaron los análisis fisicoquímicos y las extracciones de plaguicidas correspondientes, y el otro medio kilogramo se dejo en el laboratorio de ECOSUR, por si era necesario repetir el análisis para confirmar algún resultado para alguna muestra.

Los residuos reportados por el laboratorio, fueron comparados con la información de uso de agroquímicos en cada finca (Anexo 1,2 y 3), de donde salieron las diferencias entre fincas, sobre la presencia de residuos tóxicos.

4.5.3 Extracción de organoclorados (OC) en suelos mediante extracción en fase solida

a) Extracción de la muestra: Se pesaron 10 g de suelo y se pusieron en matraces Erlenmeyer de 50 ml. Posteriormente, se le adicionaron 5 µL del estándar interno (PCB 52) a una concentración de 50 µg/ml y se agregaron 30 ml de la mezcla de diclorometano-acetona (3:1). Los matraces fueron colocados en un Shaker por 30 minutos a 210 rpm y 30°C. Al transcurrir el tiempo de agitación, las muestras fueron decantadas. Los matraces fueron lavados dos veces con 5 ml de diclorometano-acetona. El proceso se repitió tres veces desde la adición de la mezcla diclorometano-acetona hasta el lavado del matraz, con excepción del tercer decantado, el cual fue sustituido por la filtración de la muestra a través de papel Whatman # 40.

b) Recambio de solvente del extracto: A continuación, se hizo un recambio de solvente, para esto los extractos fueron colocados en matraces de fondo plano y, evaporados con un rotaevaporador a 55°C hasta llevarlos a un volumen de 0.5 ml aproximadamente. Después se les agregaron cuatro ml de hexano, se continuó con la

evaporación hasta que todo el diclorometano-acetona fue eliminado. Los extractos fueron transferidos a los viales de forma cuantitativa mediante un lavado con dos ml de hexano, que también colocados en los viales y, en seguida se evaporaron con nitrógeno hasta llegar a un ml aproximadamente.

c) Extracción en Fase Sólida: Para la fase de extracción sólida se usaron cartuchos ENVI-18 de 6 ml de la marca Supelco. Los cartuchos fueron preconditionados dejando pasar 6 ml de agua desionizada, 6 ml de acetona, 6 ml de diclorometano y 6 ml de hexano, consecuentemente. En seguida, las muestras se transfirieron cuantitativamente a los cartuchos, junto con un lavado de los viales que contenían el extracto usando una mezcla de diclorometano-hexano (1:1) y, se dejaron eluir. Posteriormente, se evaporó el diclorometano de las muestras en un rotaevaporador a 55 °C, hasta llevar a un volumen de 0.5 mL aproximadamente. Después, éstas fueron reconstituidas con 3 ml de hexano aproximadamente y se continuó la evaporación a 1 ml. Finalmente, las muestras fueron colocadas en viales para su análisis mediante Cromatografía Gaseosa (CG).

4.5.4 Análisis de la información sobre residuos de plaguicidas y de las características fisicoquímicas.

Con los resultados fisicoquímicos que se obtuvieron de los análisis correspondientes de las muestras de suelo de las fincas estudiadas, se realizó la comparación de dichas características entre las fincas bajo estudio, con la ayuda de sueleros.

De las encuestas se obtuvo la información suficiente sobre el uso de agroquímicos en las fincas evaluadas, y esa información se comparó con los residuos de plaguicidas reportadas por el laboratorio, se pudo determinar si las fincas cafetaleras guardan alguna relación en cuanto se refiere al manejo orgánico y convencional de las plantaciones.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de residuos de plaguicidas

En los resultados obtenidos de los análisis en laboratorio, el bifenil policlorado 52 (PCB52) se utilizó como un estándar interno, por eso apareció con un valor alto en concentración en los tres suelos de las respectivas fincas bajo estudio (San Nicolás, Argovia y Maravillas), esto se hizo para verificar que el procedimiento de extracción efectivamente extrajera moléculas cloradas ya que los PCB's son contaminantes muy persistentes y que se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente (Bello 2011).

En los suelos de las fincas bajo estudio se encontró presencia de muchos productos clorados, sin embargo de los plaguicidas encontrados los que más destacan y que se encuentran en las tres fincas son los metabolitos del DDT (DDE pp) y Endosulfan (Endosulfan II), Cis nanoclor, Aldrin y los Bifenilos policlorados (PCB's)..

5.1.1 Diclorodifeniltricloroetano (DDT)

El Dicolodifeniltricloroetano (DDT), se utilizó en esta zona en los años 70s y 80s, para combatir plagas de algodón, entre otros cultivos. Después se usó en campañas de salud pública para combatir mosquitos transmisores del dengue. El DDT es un producto organoclorado muy persistente, por lo que se puede encontrar presente en el ambiente aunque se hayan aplicado hace años y en lugares distintos (Bello 2011). Por lo tanto podemos observar en la Figura 1 que en las tres fincas en estudio (San Nicolás, Argovia y Maravillas) se encuentra el DDT, siendo superado en concentración por la finca de uso Orgánico (San Nicolás).

El DDT al degradarse se convierte en sus metabolitos DDE y DDD, siendo el primero más persistente que el segundo, por eso está presente en los suelos (Anexo 5) que se

encontró mas DDE en las muestras de suelo que el DDD. Para fines de discusión estos metabolitos se sumaron, y se reportaron como DDT total en los suelos de las fincas.

De acuerdo a la información que nos proporcionan las encuestas aplicadas, en ninguna de estas fincas en estudio, se ha aplicado DDT, es decir que los dueños (productores) de dichas fincas, desde el tiempo que las están operando nunca han aplicado este producto (San Nicolás (30 años), Argovia (30 años) y Maravillas (40 años)), pero si se uso en el pasado en toda la región Centroamericana (incluido el sur de Chiapas), lo cual nos lleva a suponer que los residuos de DDT encontrados, están en estos suelos, quizás desde antes que ellos comenzaran a operar la finca, probablemente se hayan hecho aplicaciones de DDT antes de los tiempo señalados o puede ser que hayan llegado por deriva de la aplicación del mismo de otros lotes cercanos, y debido a su persistencia a través del tiempo todavía se encuentren en estos sitios.

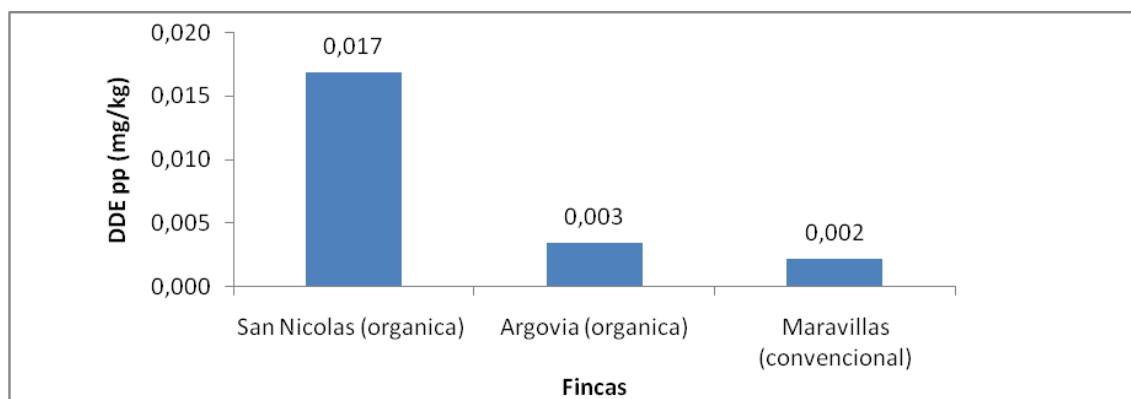


Figura 1. DDT total, existente en suelos de las fincas muestreadas.

Se observa en la Figura 1 que la finca San Nicolás posee una cantidad de 0,017 mg/kg, Argovia 0.003 mg/kg y Maravillas 0.002, lo que nos dice que el sitio de San Nicolás (Orgánico) posee la mayor concentración, esto es probable que se deba a que en la finca San Nicolás hay una mayor cantidad de materia orgánica por lo que proporciona una mayor retención de estos plaguicidas.

Lo anterior se justifica con lo que expresa Bello (2011); los productos organoclorados son moléculas hidrofobicas que se adsorben en la materia orgánica del suelo, entonces a

mayor contenido de materia orgánica mayor es la posibilidad de adsorción de contaminantes hidrofóbicos en el suelo.

Debido a que nivel genérico de referencia de DDT para suelos es de 0.2 mg/kg, podemos decir que las concentraciones encontradas en los suelos de fincas estudiadas, es bastante bajo comparándolas con dicho nivel establecido (Uzcátegui *et al.* 2010).

5.1.2 Endosulfan II

Las concentraciones de este contaminante (Endosulfan II) presente en suelos de las fincas estudiadas son: San Nicolás 0,00051 mg/kg, Argovia 0,00064 mg/kg y en Maravillas 0.00191 mg/kg. De acuerdo a las encuestas aplicadas (ver anexo 1,2 y 3), en la finca San Nicolás se aplicó Endosulfan (Thiodan) hace aproximadamente doce años, en el sitio de Argovia se aplicó este mismo producto hace veinte años aproximadamente, y en la finca convencional (Maravillas) se está aplicando actualmente Endosulfan (Thiodan), lo que explica la concentración mayor de este producto en esta finca, en comparación a las de manejo orgánico (San Nicolás y Argovia), coincidentemente Muñoz (1989) en estudios realizados en Honduras, encontró residuos de Endosulfan en frutos de café, proveniente de fincas que tenían muchos años de no aplicar este producto por lo que dedujo que los metabolitos alfa y beta (Endosulfan I y II) al estar en el suelo son extraídos del suelo y translocados al fruto.

Según lo anterior y apreciando la Figura 2, las fincas orgánicas (San Nicolás y Argovia), presentan concentraciones de Endosulfan aun cuando no se está aplicando dicho producto, esto probablemente se debe a que pudo haber llegado hasta allí por medio de deriva por aplicaciones en fincas o lotes cercanos, ya que están ubicadas muy cerca de las plantaciones convencionales (de hecho Maravillas y Argovia colindan) y a la persistencia que posee, y puede estar en el suelo a través del tiempo. Los agroquímicos y otros contaminantes pueden ser transportados a lugares diferentes en donde se les utiliza, ayudados principalmente por el viento y por las aguas lluvias, lo

que pudo haber ocurrido, en las fincas estudiadas que tienen fincas colindantes donde se usan o se usaron agroquímicos.

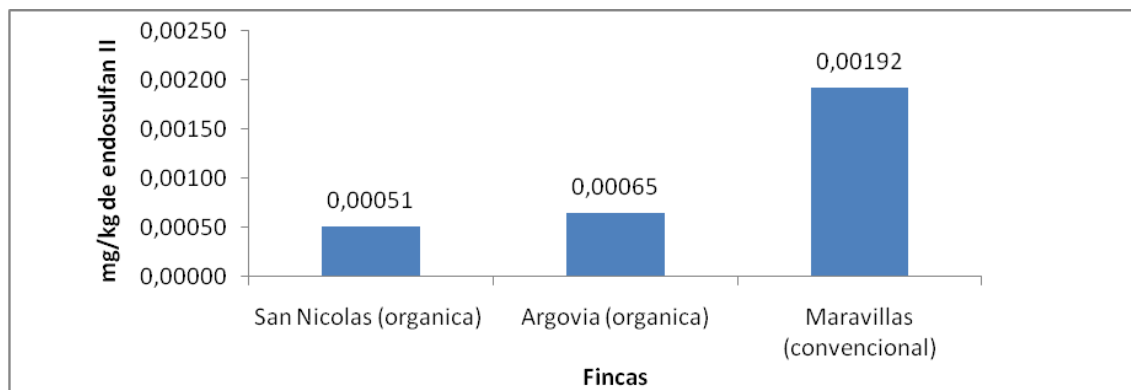


Figura 2. Endosulfan II existente en los suelos de las fincas muestreadas.

El endosulfán ha sido catalogado como un Contaminante Orgánico Persistente (**COP**) y por su persistencia puede estar accionando sobre las plagas entre 28 y 391 días y después acumularse en las áreas tratadas especialmente el suelo por bioacumulación y biomagnificación, se trata de un producto que no se degrada fácilmente (Burauel y Babman 2004).

Según la FAO/OMS (2007), el límite permisible de Endosulfan en el grano de café es de 0.2 mg/kg. Por lo que podemos decir que las cantidades encontradas en suelo de las fincas estudiadas (San Nicolás, Argovia y Maravillas) aunque puedan ser translocados por la planta al fruto son relativamente bajas, y por lo tanto el producto que está saliendo de estas fincas no está contaminado en cuanto a Endosulfan se refiere.

5.1.3 Cis nonaclor, Aldrin y Bifenilos policlorados (PCB`s)

En cuanto se refiere al Cis nonaclor, Aldrin y a los PCB`s, estos según la encuesta no se han usado en ninguna de las fincas bajo estudio (Anexo 1,2 y 3), por lo que podría ser que han llegado hasta allí a través del viento o transportados por medio del agua lluvia (Bello, 2011). Se observa en la Figuras 3, 4 y 5 que las concentraciones mayores se encuentran en la finca orgánica (San Nicolás). Al igual que el DDT, esto posiblemente se debe a que la finca orgánica tiene un mayor contenido de materia orgánica, por ende

una mayor retención de plaguicidas. Según Bello (2011) los productos Organoclorados son moléculas hidrofobicas que se adsorben en la materia orgánica del suelo, entonces a mayor contenido de materia orgánica mayor es la posibilidad de adsorción de contaminantes hidrofobicos en el suelo.

En general se puede decir que si bien es cierto se encontró diferentes contaminantes en los suelos de las fincas muestreadas, los mismos están en cantidades bajas, lo que nos indica que no hay riesgo para los consumidores de productos provenientes de esas fincas; pero como esos contaminantes pueden ser translocados por la planta al fruto, es conveniente determinar si en los productos que se están comercializando se encuentran los mismos, en cantidades por encima de los niveles permisibles.

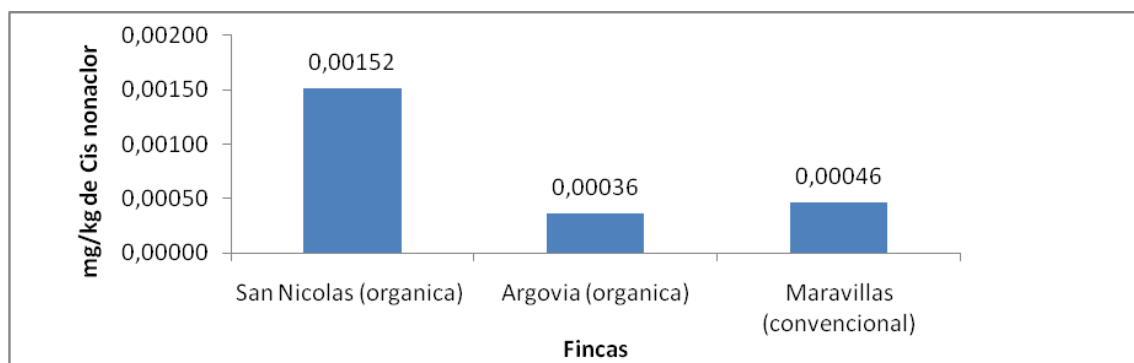


Figura 3. Niveles de Cis nonaclar existente en suelos de las fincas muestreadas.

De acuerdo a Uzcàtegui *et al.* (2010), el nivel genérico de referencia en el suelo en cuanto a Aldrin y al Cis nonaclar se refiere es de 0.1 mg/kg, y observamos en la Figura 3 y 4 que las tres fincas estudiadas (San Nicolás Argovia y Maravillas) los dos productos (Aldrin Cis nonaclar) presentan concentraciones menores a los niveles genéricos de referencia establecidos.

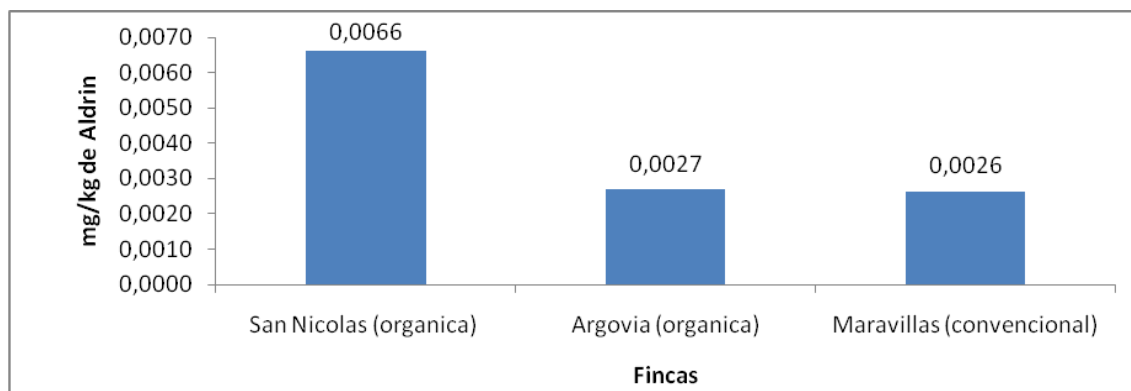


Figura 4. Concentración de Aldrin existente en los suelos de las fincas muestreadas.

De acuerdo a Fernández, D.C. (2005) el nivel genérico de los PCB`s en el suelo es de 0.1 gr/kg, esto no dice que los suelos de las tres fincas muestreadas muestran niveles muy inferiores a los establecidos.

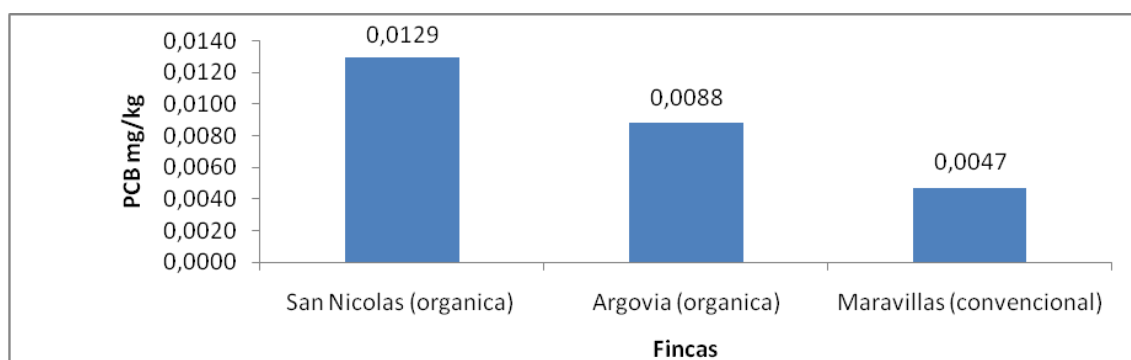


Figura 5. PCB`s presentes en suelos de fincas muestreadas.

5.2 Características fisicoquímicas de los suelos estudiados

5.2.1 Materia orgánica

Las fincas con manejo orgánico (San Nicolás y Argovia) presentan niveles superiores de contenido de materia orgánica en comparación con la finca con manejo convencional; ello se debe a que en las fincas con manejo orgánico, según las encuestas aplicadas los productores de dichas fincas, están aplicando fertilizantes orgánicos, como el vermicompost, también en forma visual se pudo observar que en las fincas con manejo

orgánico hay mas presencia de la misma, datos que se corroboran en los resultados obtenidos.

Según Jaramillo (2001) el pH influencia en la actividad de los microorganismos, los cuales tienen actividad eficiente en pH neutros, en donde están presentes los macronutrientes, a medida el pH disminuye entonces la actividad de estos microorganismos disminuirá. Por tanto las fincas con manejo orgánico (San Nicolás y Argovia) tienen un pH (5.05 y 5.28 respectivamente) más bajo según análisis, en comparación a la finca convencional (Maravillas) con un pH de 5.42, por lo que también se puede decir que probablemente, debido a que el pH es más bajo en estas fincas, aunque se esté aplicando fertilizantes orgánicos y se adiciona materia orgánica, hay menor actividad de los microorganismos, para hacer que los nutrientes provenientes de ellos estén disponibles para la planta.

La materia orgánica es un importante indicador de calidad de los suelos, influye sobre la retención y movilidad de las sustancias en el suelo; además cuando se encuentra en contacto con compuestos orgánicos favorables, las reacciones de intercambio iónico, absorción, estabilidad y solubilidad son mejoradas y aumentada la capacidad de purificación natural (Porta *et al.* 2003).

En general el contenido de materia orgánica en las fincas estudiadas es bueno, sin embargo como era de esperarse el contenido es superior en las fincas San Nicolás y Argovia las que son manejadas orgánicamente, en comparación al contenido de materia orgánica existente en la finca maravillas (convencional), (ver figura 6), ello significa que las fincas orgánicas tienen suelos más ricos en nutrientes, así como también tienen un mayor potencial de retención y depuración de sustancias tóxicas según lo dicho por Portal *et al.* (2003), en el párrafo anterior.

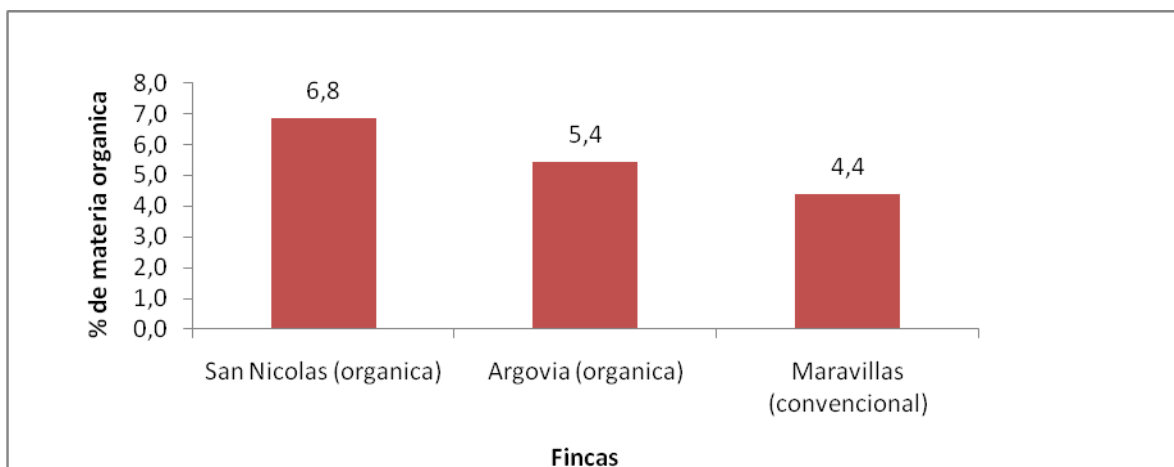


Figura 6. Contenido de materia orgánica existente en las fincas muestreadas.

Según la NOM (2000), suelos que poseen una cantidad de materia orgánica de menor de cuatro (4%) son considerados niveles muy bajos, de 4.1-6 % es bajo, de 6.1-10.9 % es medio, de 11-16% es alto y mayor de dieciséis (16%) son considerados muy altos. De acuerdo a lo anterior podemos decir que la finca San Nicolás posee un contenido de materia orgánica considerado nivel medio, la finca Argovia y Maravillas tiene un nivel de materia orgánica bajo que está en el rango considerado bajo.

5.2.2 Densidad aparente

En los resultados de esta característica se obtuvieron datos de 0.90 g/ml para la finca San Nicolás, la finca Argovia presento una densidad de 0.92 g/ml, mientras que para la finca Maravillas presento un valor de 0.91 g/ml, debido a que los tres sitios presentan un rango de densidad comprendido entre 0.90-0.92 g/ml (Figura 7) se puede decir que no existe diferencia entre las fincas bajo estudio. Según Porta *et al.* (2003), la densidad aparente normal de un suelo está en un rango de 1-1.6 mg/ml, y en las fincas estudiadas esta densidad fue levemente inferior esto debido posiblemente a la cantidad de materia orgánica presente en estos suelos estudiados, por lo que se puede decir que los mismos tiene una buena porosidad (macroporos y mesoporos) por ende un excelente almacenamiento de agua, ya que en los poros medios hay un mejor almacenamiento de la misma, mayor capacidad de intercambio cationico y ayuda a retener nutrientes.

Lo anterior coincide con lo que dice Jaramillo (2011), que los suelos con menor densidad aparente favorecerán la capacidad de adsorción y purificación de sustancias, ya que estos suelos con poros mas grandes conservan y aumentan la circulación del agua, de esta manera la fracción líquida del suelo es mayor y posee una mayor facilidad de retención lo que faculta a un mayor potencial de purificación. También Silva *et al.* (1986), dice que a mayor cantidad de materia orgánica de un suelo, disminuye la densidad, lo que provoca suelos menos compactos.

Como se observa en la (Figura 7), no existe diferencia de densidad entre los sitios en estudio, la densidad de los suelos depende en parte de la textura que estos presenten, y en este caso los tres sitios tienen una textura franco, lo cual nos dice que es normal que no haya variaciones en su densidad.

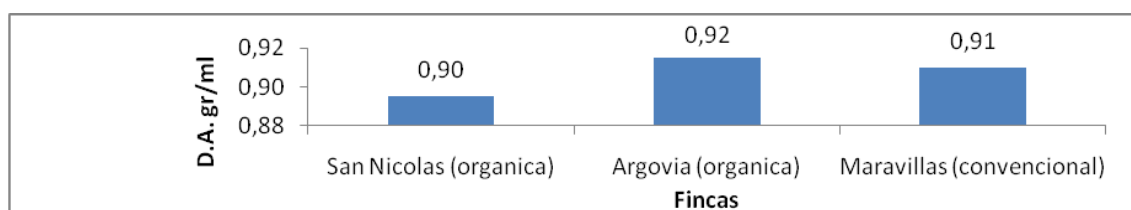


Figura 7. Densidad aparente existente en las fincas muestreadas.

5.2.3 Capacidad de intercambio cationico

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de suelo, se puede observar según la (Figura 8), que aunque es poca la diferencia la finca Maravillas (convencional) supera en esta característica a las fincas San Nicolás y Argovia (orgánicas).

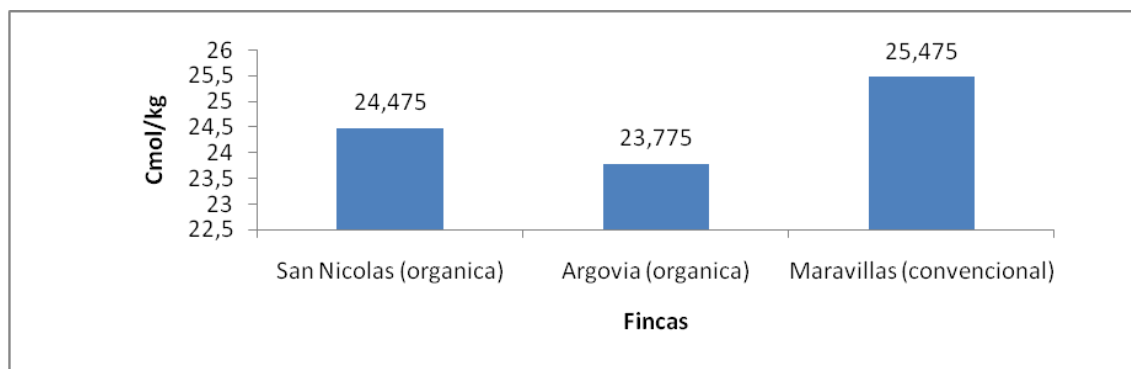


Figura 8. Capacidad de intercambio catiónico existente en suelos de las fincas muestreadas.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) debería ser mayor en las fincas con manejo orgánico ya que según Jaramillo (2001), la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) en su mayoría se debe al tipo de arcilla existentes en el suelo y a la cantidad de materia orgánica, de esta forma la capacidad de intercambio catiónico será influenciada por las cantidades de arcilla y materia orgánica presentes en el suelo, así para aquellos suelos que presenten mayor contenido de estas características (materia orgánica), tendrán una mayor capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).

En este caso se presentan niveles más bajos para las fincas orgánicas (San Nicolás y Argovia). Pero esto probablemente se debe a que el pH en estas fincas es más bajo (5.05 y 5.28 respectivamente, por ende la actividad de los microorganismos es más baja, provocando que la descomposición de materia orgánica sea más lenta, y esto produce una mayor acumulación de materia orgánica en el suelo, caso contrario en la finca convencional, donde el pH es ligeramente más alto (5.42), entonces la actividad de los microorganismos aumenta, provocando una mayor tasa de mineralización, por tanto la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) será mayor,

Lo anterior concuerda con lo que dice Jaramillo (2001), que a pesar de que la capacidad de intercambio catiónico está influenciada por la cantidad materia orgánica en el suelo, también está fuertemente afectado por el valor del pH al cual se hace la determinación, que a medida aumenta el valor del pH aumenta la C.I.C., y si el pH disminuye entonces

afecta el intercambio de iones entre las arcillas y la materia orgánica por tanto la C.I.C. disminuirá, ya que el pH afecta la actividad de los microorganismos.

Rangos de capacidad de intercambio cationico comprendidos entre 5.1-15 Cmol/kg son considerados bajos, entre 15.1-25 son medios, de 25.1-40 Cmol/kg son altos y mayor de cuarenta (40 Cmol/kg) son considerados muy altos (NOM, 2000). Según lo anterior la finca San Nicolás y Argovia se encuentran en un rango de capacidad de intercambio cationico medio y la finca maravillas se encuentra en el rango considerado alto.

5.2.4 Nivel de alcalinidad y acides del suelo (pH)

Según los resultados encontrados, en la (Figura 9) se observa que el suelo de la finca San Nicolás presenta un pH de 5.05, la finca Argovia comprende un pH de 5.28. Así mismo el suelo del sitio de Maravillas muestra un pH de 5.42, según estos datos la finca con manejo convencional (Maravillas) presenta un pH mayor en comparación con los sitios manejados orgánicamente (San Nicolás y Argovia), esto posiblemente se deba a que como las fincas con manejo orgánico presentan un mayor contenido de materia orgánica, lo cual produce una mayor liberación de iones hidrogeno (H^+) por lo tanto el pH en estos suelos será menor.

Lo anterior se puede explicar según lo publicado por Jaramillo (2001), que al aumentar la cantidad de materia orgánica del suelo provoca una disminución en el pH del mismo, la materia orgánica posee una alta cantidad de CO_2 y al aumentar la concentración de CO_2 , se provoca una disminución en el pH del suelo, debido a la formación de ácido carbónico, en una parte, y a la liberación de protones (H^+) por otra parte según la siguiente ecuación:



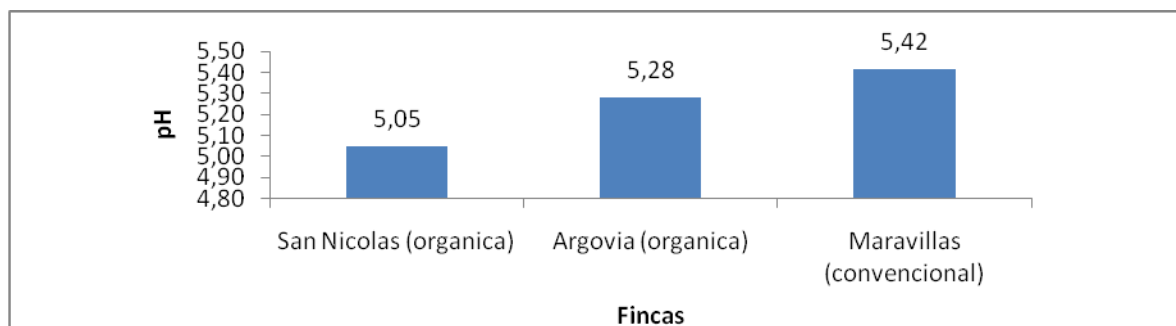


Figura 9. Concentración de pH existente en suelos de las fincas muestreadas.

El suelo de la finca orgánica (San Nicolás) presenta un pH fuertemente ácido y la finca Argovia y Maravillas presentan suelos con pH's moderadamente ácidos, ya que según la NOM (2000), suelos que comprenden un pH menor de 5.09 son considerados fuertemente ácidos, aquellos que poseen un pH de 5,1 a 6.5 son considerados moderadamente ácidos, los que tienen pH's de 6.6 a 7.3 son neutros, medianamente alcalinos de 7.4 a 8.5 y fuertemente alcalinos aquellos que tienen un pH mayor a 8.6.

5.2.5 Textura

En cuanto al porcentaje de arena, arcilla y limo presente en los suelos bajo estudio, no existe diferencia entre dichos suelos, por los tres sitios presentan una textura franca (Tablas 2). El suelo Franco es aquel cuyos separados están en una proporción tal que ninguno de ellos domina las propiedades del suelo; desde el punto de vista de la planta, esta clase textural es la que presenta un mejor equilibrio entre sus separados, siendo estos suelos los que presentan las mejores condiciones tanto físicas como químicas, y los más aptos para cultivar (Jaramillo 2001).

Tabla 2. Textura presente en los suelos de las fincas muestreadas

FINCA	Arena %	Arcilla %	Limo %	Nombre textural
San Nicolás (orgánica)	43,1	24,9	32	Franco
Argovia (orgánica)	44,6	25,9	29,5	Franco
Maravillas (convencional)	43,1	25,4	31,5	Franco

5.2.6 Nitrógeno

En los suelos de las fincas estudiadas se encontró que en los sitios que se manejan orgánicamente, presentan una mayor cantidad de nitrógeno (N) en comparación con el que se maneja convencionalmente, (ver Figura 10), esto posiblemente se deba a que en la finca San Nicolás y Argovia (orgánicas) presentan un mayor contenido de materia orgánica que la finca Maravillas (convencional) y según Jaramillo (2001) el nivel de materia orgánica en los suelos es proporcional al contenido de nitrógeno (N), y que la materia orgánica tiene tanto un efecto directo como indirecto sobre la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento vegetal. Para servir como fuente de N, P, y S a través de su mineralización por los microorganismos del suelo, la materia orgánica influye el aporte de nutrientes desde otras fuentes.

Por ejemplo la materia orgánica se requiere como fuente de energía para la fijación bacteriana de N, por lo tanto la cantidad de N₂ molecular fijado por los fijadores libres será influenciada por la cantidad de energía disponible en la forma de carbohidratos (Jaramillo, 2001).

En los suelos normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% (Jaramillo, 2011), por lo que se puede decir que las tres fincas están dentro del rango normal de nitrógeno (Figura 10).

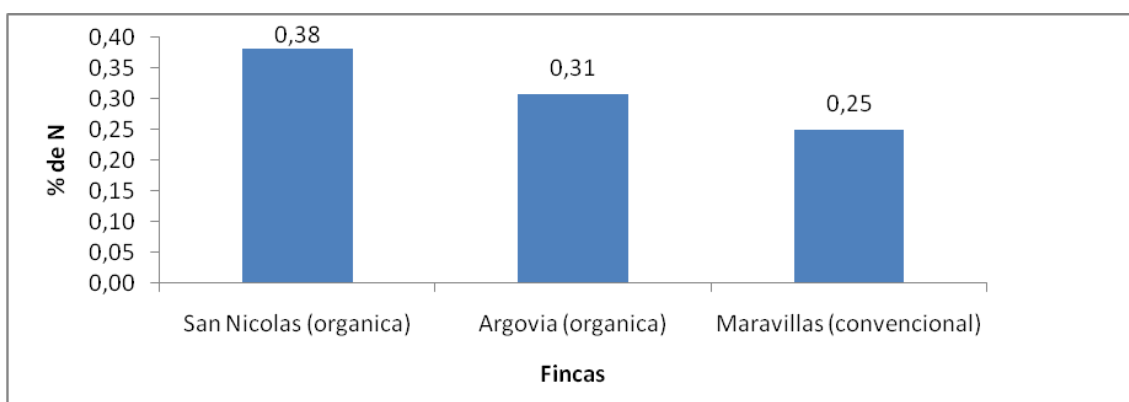


Figura 10. Niveles de nitrógeno existente en los suelos de las fincas muestreadas.

Los niveles de nitrógeno en las fincas San Nicolás y Argovia están comprendidos en un rango considerado medio y la finca maravillas posee un nivel bajo de nitrógeno. Lo anterior se puede justificar con lo que dice la NOM (2000), que suelos con cantidades de nitrógeno menor 0.3 % son considerados bajos, los que poseen una cantidad de 0.31-0.8 % son medios y los suelos con un contenido mayor de 0.81 % de nitrógeno son considerados altos.

5.2.7 Fosforo

Los rangos de fosforo encontrados en la finca convencional es mayor en comparación a los encontrados en las fincas orgánicas (ver figura 11), posiblemente esto se deba a que el fosforo en el suelo es un elemento muy estable y probablemente a través del tiempo haya quedado en el suelo de las fertilizaciones anteriores. Sin embargo de acuerdo a la información obtenida de la encuesta aplicada a cada productor de las fincas (ver anexo 1,2 y 3), se encontró que en ninguno de los sitios bajo estudio realizan fertilización, por consiguiente esto nos lleva a asumir de forma más lógica, que este contenido alto de fosforo en la finca convencional (que es hasta tres veces mayor que la finca Argovia), se deba probablemente a la presencia de rocas fosfatadas como fuente de fosforo natural en el suelo de esta finca.

Esto se puede justificar según lo dicho por Fuentes (2011), el fosforo es un elemento muy estable en el suelo, y puede permanecer presente en el mismo a través del tiempo y existen fuentes naturales de fosforo que pueden aportar al suelo este elemento, como son las rocas fosfatadas como la apatita, vivianita, etc.

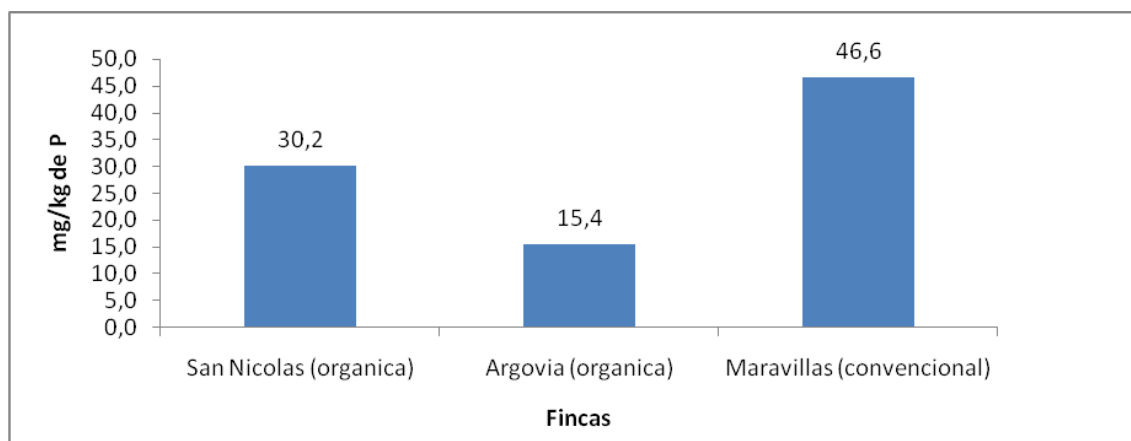


Figura 11. Cantidades de fosforo presente en suelos de fincas muestreadas.

La NOM (2000), establece que suelos con un contenido de fosforo menor de 5.5 mg/kg es considerado relativamente bajo, los suelos que tienen un rango de pH entre 5.6-11 mg/kg son considerados con un nivel medio y los que poseen cantidades de fosforo mayores a 11.1 mg/kg son altos. Lo que nos dice que, como los suelos de las tres fincas (San Nicolas, Argovia y Maravillas) tienen un nivel de fosforo superior a 11.1 mg/kg, entonces son considerados suelos altos en cuanto al contenido de fosforo.

5.2.8 Capacidad de campo

Como se observa en la (Figura 12), según los resultados obtenidos en el análisis de suelo, la capacidad de campo en la finca San Nicolás (orgánica) es mayor que en la finca Maravillas (convencional), posiblemente se deba a que en los suelos de la finca San Nicolás (orgánica) el contenido de materia orgánica es mayor y por lo tanto la porosidad es mayor. Como se sabe la capacidad de campo de un suelo es el contenido máximo de agua que un suelo puede retener y la porosidad ayuda a mantener esta condición y según Jaramillo (2001) la retención de agua es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica, es decir que, a mayor contenido de materia orgánica hay una mayor porosidad y por ende hay una mayor retención de agua en ese suelo (mejor capacidad de campo).

Sin embargo, según Fuentes (2011) la capacidad de campo puede verse afectada por el pH. Podemos observar en la (Figura 12), que a pesar de que el contenido de materia

orgánica en la finca Maravillas (convencional) es menor en comparación a la finca Argovia (orgánica), la capacidad de campo, comparándola entre estas dos fincas, es mayor en el sitio manejado convencionalmente, esto posiblemente se deba a que el pH en la finca convencional es mayor, por lo que proporciona una mejor actividad de los microorganismos, y esto favorece a que haya mejor porosidad y por lo tanto ayudando a una mejor retención de humedad.

Según lo discutido anteriormente en el apartado de la característica de la materia orgánica, según Jaramillo (2001) el pH influye en la actividad de los microorganismos, es decir que a medida el pH es mas bajo la actividad de los microorganismos disminuye.

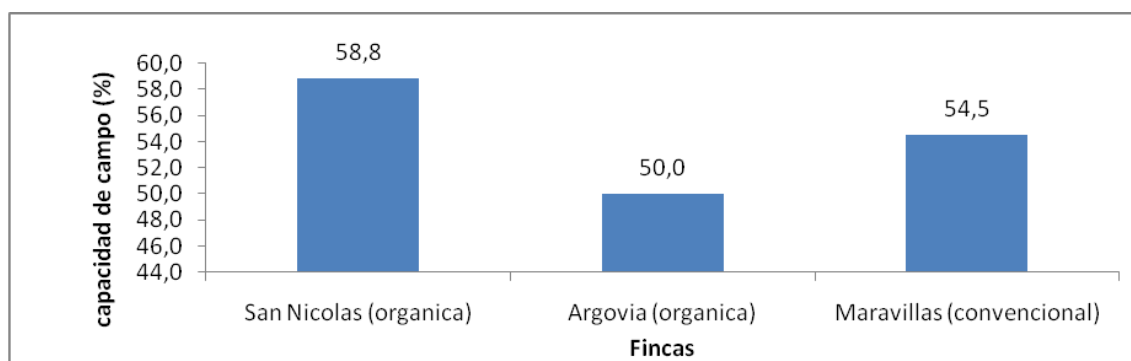


Figura 12. Capacidad de campo existente en los suelos de las fincas muestreadas.

5.2.9 Potasio

Los resultados del análisis en cuanto a esta característica, muestran que el contenido de potasio más bajo se encuentra en la finca San Nicolás (orgánica) esto posiblemente se deba a que este sitio presenta un pH más bajo, en comparación a las otras dos fincas, y según la (Figura 13), podemos ver que a medida el pH aumenta en los otros sitios en estudio el contenido de potasio es mayor, esto coincide con lo que expresa Cabeda (1984) que prácticamente la disponibilidad de todos los nutrientes de la planta está controlada por el pH del suelo, los macronutrientes se encuentran en mayor concentración a un pH neutro (6.5-7.3), y a medida que este desciende la disponibilidad de estos disminuye. Lo que nos lleva a decir que a medida que el pH es mas acido entonces el potasio (K^+) disminuirá.

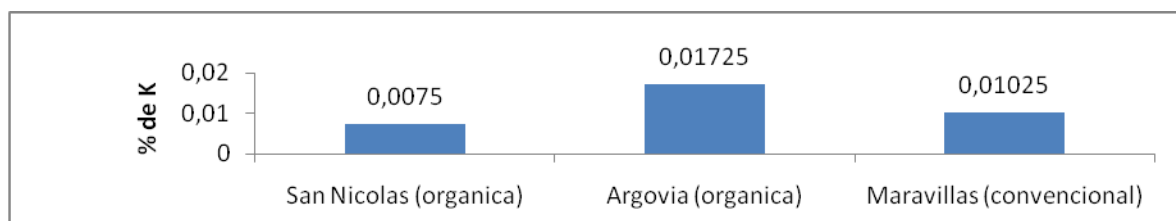


Figura 13. Porcentaje de potasio (K) existente en los suelos de las fincas muestreadas.

Los suelos que tienen un contenido de potasio (K) menor a 0.2% son considerados muy bajos en potasio, los que tienen cantidades de 0.21-3% son bajos en potasio, se considera medio cuando el nivel de potasio en el suelo es de 0.31-0.6% y alto cuando el porcentaje de potasio es mayor a 0.61% (NOM, 2000). Entonces según lo anterior nos dice que el contenido de potasio en las tres fincas (San Nicolás, Argovia y Maravillas), poseen cantidades muy bajas de potasio.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ La presencia de residuos de plaguicidas químicos en el suelo, si depende del manejo agronómico de las fincas cafetaleras, especialmente si usan o no agroquímicos, o si están cercano a lugares donde los utilizan.
- ✓ Tanto en fincas orgánicas y convencional se encontró en los suelos residuos de DDE pp, Endosulfan II, Cis nonaclor, Aldrin y algunos Bifenilos policlorados (PCB`s), en cantidades consideradas bajas debido a que estos productos son muy persistentes.
- ✓ Al comparar la información de manejo de las fincas con los resultados analíticos de plaguicidas, se concluye que, la mayoría de los plaguicidas organoclorados encontrados (prácticamente todos a excepción del Endosulfan II utilizado en la finca convencional), se encuentran debido a que posiblemente se usaron hace más de treinta años en dichas fincas o porque esos residuos han llegado a los suelos de estas fincas, por derivas del exterior de las mismas.
- ✓ La materia orgánica presente en los suelos influye mucho en los procesos de retención de plaguicidas, debido a que incrementa la adsorción de moléculas contaminantes.
- ✓ Aunque en las fincas estudiadas tienen un mínimo de (30) años de no utilizar DDT, se encontró en ellas metabolitos de este producto lo que ratifica lo indicado por varios autores que es altamente residual.
- ✓ Las cantidades en mg/kg encontrados en cada finca de: DDE pp, Endosulfan II, Cis nonaclor, Aldrin y algunos bifenilos policlorados (PCB`s), en su orden son:

San Nicolás (0.017, 0.00051, 0.00152, 0.0066 y 0.0129), Argovia (0.003, 0.00065, 0.00036, 0.00270 y 0.0088), Maravillas (0.002, 0.00192, 0.00046, 0.0026 y 0.0047), según los especialistas en residuos de agroquímicos estas cantidades presentes en el suelo no conlleva un riesgo para los consumidores del café proveniente de dichas fincas.

- ✓ Aunque se observan algunas tendencias en los resultados de los análisis físico-químicos de los suelos, como ser el contenido de materia orgánica que es mayor en el suelo de la finca con manejo orgánico en comparación con el suelo de la finca donde se usan agroquímicos (como era de esperarse), no existe mucha diferencia entre las características físico-químicas de los suelos bajo estudio, esto parece indicar que el manejo agronómico que se realiza en las tres fincas, aunque diferente, lleva a casi los mismos resultados en términos de estas características físico-químicas y ello está influenciado principalmente porque los tipos de suelo existente en las fincas, es Franco.
- ✓ La capacidad de intercambio cationico (C.I.C.), existente en las fincas orgánicas (San Nicolás, Argovia) es menor en comparación a la de manejo convencional (Maravillas), debido a que el pH es más bajo en las fincas orgánicas, y esto está limitando el intercambio de iones en el suelo.
- ✓ En forma general, la presencia de materia orgánica y el manejo agronómico, tuvo influencia sobre algunas características del suelo como ser presencia de macro y micro nutrientes y algunas características físicas y químicas del suelo de las fincas muestreadas especialmente la porosidad.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe efectuar análisis de residuos tóxicos en los productos provenientes de las fincas bajo estudio, para determinar si los contaminantes encontrados en el suelo son translocados a los productos que se están comercializando.
- ✓ Es necesario realizar enmiendas calcáreas en los suelos de las tres fincas, para subir el pH de los mismos, y así mejorar aun mas las características físicas y químicas, como la capacidad de intercambio cationico por ejemplo, de las fincas bajo estudio.
- ✓ Realizar un estudio o análisis en los suelos de las fincas, especialmente en la finca maravilla (convencional), sobre la posible presencia de rocas fosfatadas, ya que es probable que se encuentre esta fuente natural de fosforo en dicho suelo, debido a que sin realizar fertilizaciones químicas según las encuestas aplicadas, se encuentran niveles considerables de fosforo en dicha finca.

VI. BIBLIOGRAFIA

Artica, YN. 2007. Efecto de seis insecticidas químicos sobre adultos de la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Tesis, Ingeniería Agronómica. Catacamas, Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. 4-10 p.

ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). 2003. Resumen de Salud Pública; Piretrinas y Piretroides. (en línea). Consultado el 2 de Junio 2011. Disponible en www.atsdr.cdc.gov/es

Banks, PA; Robinson, EL. (1982) The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin, Weed Sci. 30:164–168.

Barrios, L. 2000. Principales enfermedades del café, el café (en línea) consultado el 29 de Abril 2011. Disponible en www.critica.com.pa/archivo01052000/reporta.html

Benitez, JA; Barcenas, C. 1996. Patrones de Uso de los Plaguicidas en la Zona Costera del Golfo de México. In. Botello, A.V; J.L. Rojas-Galaviz, J. Benitez y D. Zarate-Lomeli (Eds), 1996. Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5:155-167

Bello, R. 2011. Uso de plaguicidas organoclorados, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Comunicación personal.

BHC (Banco Central de Honduras). 2006. Honduras en cifras. Honduras CA.(en línea). Consultado el 11 mayo. 2011. Disponible en: <http://www.bch.com>.

Boyd, SA; Xiangcan, J; Lee JF. 1990. Sorption of nonionic organic compounds by corn residues from a no-tillage field, J. Environ. Qual. 19:734–738.

Buckley, DH; Schmidt, TM. 2003. Diversity and dynamics of microbial communities in soils from agro-ecosystems. Environ. Microbiol. 5(6):441-452.

Burauel, P; Wais, A; Fuhr, F. 1998. Soil-bound residues. In: Fuhr, F., Hance, RJ; Plimmer, JR; Nelson, JO. (Eds.), The Lysimeter Concept. ACS Symposium Series 699:177-188.

Burauel, P; Babman F. 2004. Soils as filter and buffer for pesticides-experimental concepts to understand soil functions. Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere (ICG), Forschungszentrum Ju"lich GmbH D-52425 Ju"lich, Germany. 6 p.

Cabeda 1984. Importancia del análisis del suelo y plantas en la evaluación del estado nutricional (en línea), (IAPAR 1997) Instituto Agronómico de Parana. Consultado el 23 de octubre de 2011. Disponible en www.iapar.br. Brasil Brasilia. Pág. 1-23.

Café de Marcala. 2008. (en línea). Consultado el 25 de Abril 2011. Disponible en http://www.cafemarcala.com/cafemarcala.php?pagp_id=&orden_id=1.

Christiansen, J. 2006. Taller de capacitación y mantenimiento de fincas orgánicas. Productores cooperativa CACAOL. IHCAFE-UNICOOP. Sta. María del Real, Olancho, HND. 244 p.

Cleelman, T. 2005. La volatilidad en los precios mundiales del café impacta Centroamérica. (en línea). Consultado el 3 de Mayo 2011. Disponible en <http://www.revistaspueblos.org/spip.php?article185>

Corbacho; Sanchez, G; Lozano; Sánchez, G; Torres. 1998. Análisis de suelo metodología e interpretación. Departamento de edafología química agrícola, Universidad de Alemania, España. Primera edición. Pag. 35

Courville, S. 1999. Mexican shade grown coffee: Market research analysis/synthesis. Report presented to the Commission for Environmental Cooperation. Ottawa: Courville Consultants. 456 p.

Cultivo de café. 2002. Sombra (en línea). Consultado el 27 de Abril de 2011. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/industriales/cafe3.asp>

Espeland, O; Kleivane L; Haugen S; Skaare JU. 1997. Organochlorines in Mother and Pup Pairs in Two Artic Seals Species: Harp Seal (*Phoca groenlandica*) and Hooded Seal (*Cystophora cristata*). Mar. Environ. Res. 44(3):315-330.

FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y Alimentación)/OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Labor de Codex en relación con la inocuidad Alimentaria del café. (en línea). Citado el 2 de Abril 2011. Disponible en http://www.codexalimentarius.net/mrls/pestdes/jsp/pest_q-e.jsp

Fernandez, DC. 2005. Descontaminación del suelo (en línea). Citado el 13 de dic. 2011. Disponible en <http://edafología.urg.es>

Fuentes, EJ. 2011. Características físico-químicas del suelo, Universidad Nacional de Agricultura. (Comunicación personal).

Gevao, B; Jones, KC; Semple, KT; Craven, A; Burauel, P. 2003. No extractable pesticide residues in soil. Environ. Sci. Technol. 1:139-144.

Gómez, G. 1998. Cultivo y beneficio del café. México. Publicaciones Camacho, edición original 1984. P. 19. (en línea). Consultado el 18 de Mayo 2011. Disponible en http://vinculando.org/comerciojusto/cafe_mexico/cafe_mexico.html

Gonzales, AJF. 1998. El café mexicano en el mercado mundial en Negocios Internacionales Bancomext. P 10. Consultado el 18 de Mayo 2011. Disponible en http://vinculando.org/comerciojusto/cafe_mexico/cafe_mexico.html

Gonzales. R.F. 2008. El café en Honduras (en línea). Consultado el 26 de Abril 2011. Disponible en <http://biblioteca.universia.net/html.bura/ficha/params/id34396107.html>.

Hernández, D. 2002.. Lombricultura contra contaminación ambiental. (en línea). Universidad Nacional de Costa Rica Consultado el 3 de Mayo 2011. Disponible en <http://una.ac.cr/ambi/ambien-Tico/106/hernandez106.htm>

Ibarra, E; Lionel, E; Toro, B. 1995. Caracterización de caficultura Hondureña. Comercialización interna y externa del café en Honduras. IICA Tegucigalpa, M.D.C. Pag. 25-33.

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2001. Manual de Caficultura. 1era ed. Tegucigalpa MDC, Honduras. (en línea). Citado el 2 de Junio 2011. Disponible en <http://www.ihcafe.org/>

Información general del café en Honduras. 1999. (en línea). Consultado el 5 de Mayo 2011. Disponible en www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/generalidades_cafe.pdf

Irías, O; Mencia, L; Hernandez, D; Cortes, C; Moncada, M. 2000. Guía metodológica de Caficultura Orgánica. FUNDA_AHPROCAFE: Tegucigalpa M.D.C. HN. 52 p.

Isensee AR; Sadeghi AM. 1994 Effects of tillage and rainfall on atrazine residue levels in soil, Weed Sci. 42:462–467.

ISIC (Instituto Salvadoreño del Café). 1985. Curso Regional Sobre el Centro de Residuos de Pesticidas en Café: Programa Cooperativo Regional Para la Protección y

Modernización de la Caficultura en México, CA. Panamá y el Caribe (PROMECAFE)-IICA. Javed, U.Z. San Salvador, El Salvador 395 p. (Serie N° A1/SV-86-004, ISSN-0534-5391)

Jaramillo, FD. 2001. Introducción a las ciencias del suelo (en línea). Consultado el 5 de noviembre de 2011. Disponible en <http://www.adultpdf.com/>

Jonsson, CM; Toledo, MT. 1993. Bioaccumulation and Elimination of Endosulfan in the fish Yellow Tetra (*Hyphessobrycon bifasciatus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 50:572-577 p.

La central (Central de Cooperativas Cafetaleras de Honduras). 2009. Estrategias de la Central para la sostenibilidad de la caficultura en Honduras (en línea). Consultado el 2 de Mayo 2011. Disponible en <http://www.lacentral.hn/production.html>

Locke MA. (1992) Sorption-desorption kinetics of alachlor in surface soil from two soybean tillage systems, J. Environ. Qual. 21:558–566.

López, RD. 1968. Historia del pensamiento económico de Mexico. Mexico, UNAM-IIE. p. 18. Consultado el 18 de Mayo 2011. Disponible en http://vinculando.org/comerciojusto/cafe_mexico/cafe_mexico.html

Mansingh, AA; Wilson, TJ. 1995. Insecticide Contamination of Jamaican Environment III. Baserline Studies on the Status of Insecticidal Pollution of Kingston Harbour. Mar. Pollut. Bull. 30(10):640-645.

McLean, J. (1998). "Merging Ecological and Social Criteria for Agriculture: the Case of Coffee." MS Thesis College Park, Maryland, University of Maryland.

Mercado REJ. 2009. Caracterización de cuatro fincas de café en el municipio de Catacamas que orienten mejores prácticas de manejo y faciliten su certificación. Tesis,

Ingeniería Agronómica. Catacamas, Olancho, Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. 81 p.

Muñoz, H.R. 2011. Uso de Endosulfan en Honduras, Universidad Nacional de Agricultura. (comunicación personal).

Murty, AS. 1986. Toxicity of Pesticides to Fish. Vol. I. CRC Press, inc. Florida, U.S.A. 178 p.

Normativa Oficial Mexicana (NOM) 2000. Clasificación de suelos (en línea). Citado el 13 de dic. 2011. Disponible en s3.esoft.com.mx/esofthands/.../NOM-021-SEMARNAT-2000.pdf.

Novak, JM; Watts, DW; Hunt, PG. 1996. Long-term tillage effects on atrazine and fluometuron sorption in coastal plain soils, Agr. Ecosyst. Environ. 60:165–173.

OIC. (Organización Internacional del café), 2008. Importancia de la cooperación internacional: Café en el mundo (en línea). Consultado el 4 de Mayo de 2011. Disponible en <http://www.dev.ico.org/documents/benefits-pdf>

OMS. (Organización Mundial de la Salud), 1992. Consecuencias Sanitarias del Empleo de Plaguicidas en la Agricultura. Ginebra, Suiza. 128 p.

Ordoñez, MA; Viera, CJ; Sosa, MH. 2001. Manejo de malezas. In: Manual de caficultura IHCAFE. Tegucigalpa MDC, HN .p 103-114.

Pacheco, R. 2005. Diagnostico de factores que interfieren en la calidad del café de San Luis de Planes, Santa Barbara. Cosecha. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho. 16 p.

Palma, R. 2001. Manejo de malezas; Manual de caficultura. Primera edición. IHCAFE, Tegucigalpa, M.D.C. HN. P. 104-110.

Pereira, J. 2006. Dos caras del negocio del café. Otros conceptos de economía (en línea). Consultado el 25 de Abril 2011. Disponible en <http://www.gestiopolis.com/canales6/mkt/mercadeo.com/mercado-internacional-del-cafe.htm>

Peterson, SM; Batley GE. 1993. The Fate of Endosulfan in Aquatic Ecosystems. Environ. Pollut.82:143-152.

Piccolo, A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. Adv. Agron. 75:57-134.

Piccolo, A; Nardi, S; Cancheri, G. 1996. Micelle-like conformation of humic substances as revealed by size exclusion chromatography. Chemosphere 33 (4):595-602.

Pineda, C; Reyes, C; Oseguera, F. 2001. Beneficiado del café; Manual de caficultura. Primera edición. IHCAFE. Tegucigalpa M.D.C. HN. P. 173-174.

Porta, J; Acevedo, M; Roquero, G. 2003. Edafología para la agricultura y el manejo ambiental. Tercera edición. Paginación 91-109, 227-247, 251-269, 699-722, 777-793.

Principales plagas de café. 2006. (en línea) consultado el 2 de Mayo 2011 disponible en www.cafedecolombia.com/caficultura/enfermedades3.html.

PROCAFE. 2006. Fundación salvadoreña para la investigación de café. Fertilización (en línea). Consultado el 16 de Abril de 2011. Disponible en www.procafe.com.sv/menu/investigacion/fertilizacion.htm

Reddy, KN; Zablotowicz, RM; Locke, MA. (1995) Chlorimuron adsorption, desorption, and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems, J. Environ. Qual. 24:760–767.

Restrepo, I. 1988. Naturaleza Muerta: Los Plaguicidas en Mexico. Andromeda. Mexico, D.F. 221 p.

Requema, GF; Valdez, M. (2000). Tamaño de población microbiana del suelo y desarrollo inicial de *Desmanthus virgatus* (en línea). Consultado el 10 de Octubre 2011. Disponible en [www,colpos,mx/agrocien/Bimestral/2000/jul-ago/art-8.pdf](http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2000/jul-ago/art-8.pdf)

Rueda, Q. 1993. Determinación de Plaguicidas Organoclorados en Sedimentos y Organismos (moluscos y peces) de Lagunas Costeras en el Sureste de Mexico. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. 78 p.

Sadeghi, AM; Isensee, AR. (1997) Alachlor and cyanazine persistence in soil under different tillage and rainfall regimes, Soil Sci. 162:430–438.

Santacreo, PR. 2001. Variedades y Mejoramiento Genético. Manual de caficultura, Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras. P 19.

Schloepker, G. 2011. Comercio justo de café (en línea). Consultado el 29 de noviembre de 2011. Disponible en <http://www.sellocomerciojusto.org/news/2011/03/16/0001>

Silva, AP; Librardi, PL; Camargo, OA. 1986. Influencia de las propiedades físicas en la compactación de suelos. Rev. Bras. Pag 91-95.

Sturdivant, S. 1999. Specialty Coffee and Food service: Paper presented to the Specialty Coffee Association of America (SCAA). URL. (en línea) Consultado el 18 de Mayo 2011. Disponible en www.stoneworks.com/Sturdivant1_archive/sturdivant.html

Uzcàtegui, J; Araujo, Y; Mendoza, L. 2010. Residuos de plaguicidas organoclorados y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos (en línea). Citado el 13 de dic. 2011. Disponible en www.Scielo.org.ve/pdf/ba/v23n2/art06.pdf.

Valencia, G. 1998. Nutrición del cafeto (en línea). Consultado el 26 de Abril 2011. Disponible en <http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/webindex/article.html>

Zablotowicz, RM; Locke, MA; Gaston, L.A; Bryson, CT. (2000) Interactions of tillage and soil depth on fluometuron degradation in a Dundee silt loam soil, Soil Till. Res. 57;61–68.

ANEXOS

ANEXO 1. Historial de manejo agronómico en las fincas visitadas.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

REGION DE SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO.

HISTORIAL DE FINCAS (ORGANICA Y CONVENCIONAL)

Nombre del encuestador: Pedro Ariel Santos Chandias Fecha: 10/08/2011

Marque con una “X” o responda las interrogantes que a continuación se le presentan.

I. ASPECTOS GENERALES

1. Nombre de la finca: Finca San Nicolas
2. Ubicación: Km 6 del 39 Carretera Tapachula, Nueva Alemania
3. Nombre del encuestado: German Leonel Quijivix Perez
4. Edad: 33 años
5. Sexo: Masculino: X Femenino:
6. Nivel de educación: Primaria _____ Secundaria: X Educación Superior _____
7. Cargo o responsabilidades en la finca: Administrador
8. Antigüedad en el cargo: 20 años

II. ASPECTOS DEL MANEJO QUE HA RECIBIDO LA FINCA

1. Cuál es la edad de la plantación: 20-30 años.
2. Finca orgánica: X Finca convencional _____ Finca mixta _____
3. Si su finca o parte de ella es orgánica, ¿Cuánto tiempo tiene de haber iniciado el proceso? 5 años.
4. ¿Cuenta con alguna certificación? ¿cuál? Con la USDA de Biolatina (empresa Certificadora)
5. Cómo se realiza el control de: plagas, enfermedades y malezas en la finca (indique productos, dosis y número de aplicaciones por año).

Broca: Control manual; captura de grano afectado se entierra o se quema, regulación de sombra.

Maleza: Control manual, uso de machete y azadón.

III. ASPECTOS DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN LAS FINCAS

1. Si su finca es convencional, ¿hace cuanto tiempo tiene de usar agroquímicos?
----años.

2. Indique productos, dosis y número de aplicaciones por año de:

a) Como controla plagas (insectos)

b) Como controla enfermedades (hongos, bacterias, nematodos).

c) Como controla malezas

3. Si su finca fue en un tiempo convencional, indique hace cuanto tiempo:
7-8 años.

IV. ASPECTOS DE LA PERSISTENCIA DE LOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LAS FINCAS

1. En su finca se usa o se usó algún insecticida organoclorado como:

DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano)._____ Clordano_____ Aldrin_____
Dieldrin_____ HCH (Hexaclorociclohexano)_____ Endosulfan (thiodan) X

2. ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? 11-12 años.

3. En su finca se usa o se usó algún plaguicida diferente a los arriba señalados, indique cuales:

Cobresandos

4. ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? ---- años.

V. ASPECTOS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA FINCA

1. ¿Cuáles son las condiciones climáticas que se presentan en esta zona a través de los años?

Lluvioso muy intenso. En el 2011 hasta el mes de julio 3,542 ml.

VI. ASPECTOS SOBRE LA FERTILIZACIÓN Y USO DE SOMBRA

1. ¿Realiza fertilización en su finca?
SI: X NO:
2. ¿Qué tipo de fertilización utiliza?
Química:
Orgánica: X
3. ¿Qué fertilizantes utilizan?
Vermicompost dos veces al año.
4. ¿Qué método de aplicación de fertilizante utiliza?
Integrado al suelo.

VII. ASPECTOS SOBRE EL CULTIVO DE OTROS PRODUCTOS

1. Además del café, ¿Realiza la explotación de otro cultivo?
SI: _____ NO: X

Si su respuesta es “SI”, ¿Qué tipo de cultivo produce?

2. ¿Realiza o realizó aplicaciones de plaguicidas en estos cultivos?
SI: --- NO: ----

Si su respuesta es “SI”, indique que plaguicidas ha utilizado en las aplicaciones:

3. ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos?

Observaciones generales:

ANEXO 2. Historial de manejo agronómico en las fincas visitadas.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

REGION DE SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO.

HISTORIAL DE FINCAS (ORGANICA Y CONVENCIONAL)

Nombre del encuestador: Pedro Ariel Santos Chandias Fecha:10/08/2011

Marque con una “X” o responda las interrogantes que a continuación se le presentan.

I. ASPECTOS GENERALES

- 1 Nombre de la finca: Argovia
- 2 Ubicación: Carretera Tapachula, Nueva Alemania, km 43, colonia el Retiro, municipio Tapachula.
- 3 Nombre del encuestado: Ismael Velasco
- 4 Edad 39 años
- 5 Sexo: Masculino: X Femenino _____
- 6 Nivel de educación: Primaria _____ Secundaria _____ Educación Superior X
- 7 Cargo o responsabilidades en la finca: Gestor de producción
- 8 Antigüedad en el cargo: 20 años

II. ASPECTOS DEL MANEJO QUE HA RECIBIDO LA FINCA

- 1Cuál es la edad de la plantación 30 años.
- 2 Finsa orgánica X Finsa convencional _____ Finsa mixta _____
- 3 Si su finca o parte de ella es orgánica, ¿Cuánto tiempo tiene de haber iniciado el proceso? 10 años.
- 4 ¿Cuenta con alguna certificación? ¿cuál? National Organic program (NOP), Raint Forest Alianz y Jappanes Agency (JAS).

5. Cómo se realiza el control de: plagas, enfermedades y malezas en la finca (indique productos, dosis y número de aplicaciones por año).
El control de estos se realiza de forma manual.

III ASPECTOS DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN LAS FINCAS

1. Si su finca es convencional, ¿hace cuanto tiempo tiene de usar agroquímicos? ---
----años.
1. Indique productos, dosis y número de aplicaciones por año de:
- a) Como controla plagas (insectos)

- b) Como controla enfermedades (hongos, bacterias, nematodos).

- c) Como controla malezas

3. Si su finca fue en un tiempo convencional, indique hace cuanto tiempo:
16 años.

IV ASPECTOS DE LA PERSISTENCIA DE LOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LAS FINCAS

1. En su finca se usa o se usó algún insecticida organoclorado como:
- DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano)._____ Clordano_____ Aldrin_____
Dieldrin_____ HCH (Hexaclorociclohexano)_____ Endosulfan (thiodan) X
- d) ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? 20 años.
- e) En su finca se usa o se usó algún plaguicida diferente a los arriba señalados, indique cuales:
Diasinon: plaguicida y Oxicloruro de Cobre.
- f) ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? 16 años.

V ASPECTOS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA FINCA

1. ¿Cuáles son las condiciones climáticas que se presentan en esta zona a través de los años?
Lluvioso 5,000 ml anual en promedio.

VI ASPECTOS SOBRE LA FERTILIZACIÓN Y USO DE SOMBRA

1. ¿Realiza fertilización en su finca?
SI: X NO:

2. ¿Qué tipo de fertilización utiliza?
Química:
Orgánica: X

3. ¿Qué fertilizantes utilizan?
Vermicomposta dos veces al año.

4. ¿Qué método de aplicación de fertilizante utiliza?
Incorporado al suelo

VII ASPECTOS SOBRE EL CULTIVO DE OTROS PRODUCTOS

- 1 Además del café, ¿Realiza la explotación de otro cultivo?
SI: X NO:
- Si su respuesta es “SI”, ¿Qué tipo de cultivo produce?
Floricultura tropical.
- 2 ¿Realiza o realizó aplicaciones de plaguicidas en estos cultivos?
SI: NO: X
- Si su respuesta es “SI”, indique que plaguicidas ha utilizado en las aplicaciones.

- 3 ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos?

Observaciones generales:

ANEXO 3. Historial de manejo agronómico en las fincas visitadas.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

REGION DE SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO.

HISTORIAL DE FINCAS (ORGANICA Y CONVENCIONAL)

Nombre del encuestador: Pedro Ariel Santos Chandias Fecha:10/08/2011

Marque con una “X” o responda las interrogantes que a continuación se le presentan.

I. ASPECTOS GENERALES

- 1 Nombre de la finca: Maravillas
- 2 Ubicación: Tapachula, Chiapas
- 3 Nombre del encuestado: José Ángel Pérez
- 4 Edad 40 años
- 5 Sexo: Masculino: X Femenino _____
- 6 Nivel de educación: Primaria X Secundaria _____ Educación Superior _____
- 7 Cargo o responsabilidades en la finca: Planillero, administrador
- 8 Antigüedad en el cargo: 22 años

II. ASPECTOS DEL MANEJO QUE HA RECIBIDO LA FINCA

- 1Cuál es la edad de la plantación 40 años.
- 2 Finsa orgánica _____ Finsa convencional X Finsa mixta _____
- 3 Si su finca o parte de ella es orgánica, ¿Cuánto tiempo tiene de haber iniciado el proceso? -- años.
- 4 ¿Cuenta con alguna certificación? ¿cuál? -----.
- 5 Cómo se realiza el control de: plagas, enfermedades y malezas en la finca (indique productos).
Plagas y enfermedades: Químicos: Thiodan, Cobre, Fertil y adherentes.
Malezas: Faena, Amina y adherentes

III. ASPECTOS DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN LAS FINCAS

- 1 Si su finca es convencional, ¿hace cuanto tiempo tiene de usar agroquímicos? 40 años.
- 2 Indique productos, dosis y número de aplicaciones por año de:
 - a) Como controla plagas (insectos)

 - b) Como controla enfermedades (hongos, bacterias, nematodos).

 - c) Como controla malezas

- 3 Si su finca fue en un tiempo convencional, indique hace cuanto tiempo:
Actualmente años.

IV. ASPECTOS DE LA PERSISTENCIA DE LOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LAS FINCAS

- 1 En su finca se usa o se usó algún insecticida organoclorado como:
DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano)._____ Clordano_____ Aldrin_____
Dieldrin_____ HCH (Hexaclorociclohexano)_____ Endosulfan (thiodan) X
- 2 ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? 1 semana.
- 3 En su finca se usa o se usó algún plaguicida diferente a los arriba señalados, indique cuales:
Faena, Amina, adherentes, Cobre y Fertil.
- 4 ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos? actualmente años.

V. ASPECTOS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA FINCA

- 1 ¿Cuáles son las condiciones climáticas que se presentan en esta zona a través de los años?
Lluvioso 3,420 ml hasta el mes de agosto en el 2011.

VI. ASPECTOS SOBRE LA FERTILIZACIÓN Y USO DE SOMBRA

- 1 ¿Realiza fertilización en su finca?
SI: _____ NO: X

2 ¿Qué tipo de fertilización utiliza?

Química: ____ -- ____

Orgánica: ____ -- ____

3 ¿Qué fertilizantes utilizan?

4 ¿Qué método de aplicación de fertilizante utiliza?

VII. ASPECTOS SOBRE EL CULTIVO DE OTROS PRODUCTOS

1 Además del café, ¿Realiza la explotación de otro cultivo?

SI: ____ NO: X ____

Si su respuesta es “SI”, ¿Qué tipo de cultivo produce?

2 ¿Realiza o realizó aplicaciones de plaguicidas en estos cultivos?

SI: ____ NO: ____

Si su respuesta es “SI”, indique que plaguicidas ha utilizado en las aplicaciones:

3 ¿Cuándo fue la última aplicación de estos productos?

Observaciones generales:

Anexo 4. Imágenes de muestreo efectuados



Anexo 5. Concentración de plaguicidas encontrados en muestras de suelo de fincas cafetaleras, expresadas en mg/kg.

FINCA		PCB 52 *	PCB 41	DDE pp	Endosulfan II	Cis nonaclor	PCB 123 + 132	PCB 153	HCB	
SAN NICOLAS	MC1	0,035216278	0,00330693	0,00078419	0,00047803	0,00065868	9,99E-05	0,00034665	5,93E-05 0,00058994 0,0004372	
	MC2	0,029318892		0,00089981	0,00054454	0,00021126				
	MC3	0,033421603		0,00273302		0,00368414	0,00028768			
	MC4	0,026526837								
	Promedio	0,031120903	0,00330693	0,00147234	0,00051128	0,00151803	0,000193777	0,00034665	0,00036213	
	Desv Estand	0,003933531		0,00109331	4,7028E-05	0,0018892	0,000132799		0,00027318	
ARGOVIA	MC1	0,036108196		0,00109835	0,00064669	0,00031037				
	MC2	0,037566345				0,00019455				
	MC3	0,047847623				0,00058882				
	MC4	0,02697772								
	Promedio	0,037124971		0,00109835	0,00064669	0,00036458				
	Desv Estand	0,008547331				0,00020265				
MARAVILLA	MC1	0,038683053	0,00188059		0,00458692	0,00040745	0,000601276			
	MC2	0,039234893			0,00094952	0,00043621	0,000199603			
	MC3	0,045534163			0,00093021	0,00059933	0,000604626			
	MC4	0,049079039			0,00173778	0,00120589	0,00041136			0,000211511
	Promedio	0,043132787	0,00188059	0,0022089	0,00191813	0,00046359	0,000404254			
	Desv Estand	0,005037136		0,00066626	0,00178362	9,1387E-05	0,000229491			

* Utilizado como estándar interno.

Continuación Anexos

FINCA	Aldrin	PCB 85	DDD op	Pentacloroanizol	PCB 28	PCB 91 + 66	DDE op	a Clordano	PCB 199
SAN NICOLAS	0,00647179	0,00018256	0,00824346	0,000195906	0,00300811	0,0032121	0,00717896	0,0003282	0,00258829
	0,00875836	0,00035243							
	0,00340776								
	0,00621264	0,0002675	0,00824346	0,000195906	0,00300811	0,0032121	0,00717896	0,0003282	0,00258829
ARGOVIA	0,00294468	0,00238317			0,00215085	0,00188892		0,00026322	
	0,00265596	0,00285638							
	0,00277439								
	0,00235663	0,00142258							
	0,00268291	0,00222071			0,00215085	0,00188892		0,00026322	
MARAVILLA	0,00255497				0,00192073				
	0,00187411								
	0,0034409								
	0,00267809				0,00362534				
	0,00263702				0,00238282				
	0,00064205				0,00108777				

Continuación Anexos.

FINCA	PCB 114	PCB 171	Pentaclorobenceno	PCB 97 + Dieldrin	DDD pp + DDT op	DDT total	PCB`s total
SAN NICOLAS							
						0,01689477	0,01292335
ARGOVIA	0,00081478	0,00026123	1,48E-04	0,001454009	0,002362718		
	0,00081478	0,00026123	0,000148084	0,001454009	0,002362718	0,00346107	0,0087905
MARAVILLA							
						0,0022089	0,00466766

Anexo 6. Características fisicoquímicas en suelos de las fincas muestreadas.

FINCA	P mg/kg	M.O. %	pH H2O	Arena %	Arcilla %	Limo %	Nombre textural	D.A. gr/ml
San Nicolás (orgánica)	30,2	6,8	5,05	43,1	24,9	32	Franco	0,90
Argovia (orgánica)	15,4	5,4	5,28	44,6	25,9	29,5	Franco	0,92
Maravillas (convencional)	46,6	4,4	5,42	43,1	25,4	31,5	Franco	0,91

FINCA	Capacidad de campo %	N total %	Potasio %	Potasio Cmol/kg	C.I.C. Cmol/kg
San Nicolás (orgánica)	58,8	0,38	0,01	0,20	24,5
Argovia (orgánica)	50,0	0,31	0,02	0,44	23,8
Maravillas (convencional)	54,5	0,25	0,01	0,26	25,5