



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TRABAJO DE GRADUACION

**La estabilidad estructural del suelo y turbidez del agua
en sistemas agroforestales bajo diferentes niveles de
insumo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.),
Masatepe, Nicaragua 2015.**

Elaborado por:

Br. Eddy David Valladares Castellón

Br. Bladimir Antonio Chavarría Bucardo

Asesores:

Ing. MSc. Gerardo Murillo Malespín

Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Managua, Nicaragua

Octubre, 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TRABAJO DE GRADUACION

**La estabilidad estructural del suelo y turbidez del
agua en sistemas agroforestales bajo diferentes niveles
de insumo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.),
Masatepe, Nicaragua 2015.**

Elaborado por:

Br. Eddy David Valladares Castellón

Br. Bladimir Antonio Chavarría Bucardo

**Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito para optar al grado de
Ingeniero Agrícola.**

Managua, Nicaragua

Octubre, 2015

DEDICATORIA

A Dios primeramente por darme misericordia y derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerzas para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

A mi madre *María Cristina Mejía* por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, Por su sacrificio y esfuerzo para que yo coronara mi carrera universitaria, por brindarme su apoyo incondicional, comprensión, y confianza en todos los momentos de mi vida.

A mis vis abuelos *Atiliano Mejía* y su esposa *Juana Aguilera* (Q.E.P.D) porque con la ayuda de Dios me han enseñado a ser quien soy hoy. Gracias por su paciencia, por enseñarme el camino de la vida, sus consejos, amor y apoyo incondicional en mi vida.

A mis tíos (as), primos (as), hermanas ellos fueron un pilar muy importante para mi superación personal y lograr culminar mi carrera.

Br. Eddy David Valladares Castellón

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerzas para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

A mis padres *Jenny Bucardo* y *Roger Chavarria* por ser los pilares fundamentales que me han ayudado a crecer, Por todo el sacrificio y esfuerzo para que coronara mi carrera universitaria, por brindarme siempre su apoyo incondicional, comprensión, y confianza en todos los momentos de mi vida.

A mi tía *Gueidy Amador* por sus consejos valiosos en los momentos más difíciles, su amor y apoyo incondicional en mi vida.

Br. Bladimir Antonio Chavarría Bucardo

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A nuestros padres

A nuestros asesores *Ing. MSc. Gerardo Murillo Malespín* por habernos brindado amistad, disposición y dedicación para que este trabajo hoy sea una realidad, *Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández* por habernos brindado amistad, apoyo en todas las etapas que comprendieron la realización de este trabajo, compartir su experiencia, conocimientos y por su gran disposición que le caracteriza.

Al proyecto *CAFADAPT* quien financió nuestra investigación e hizo posible la ejecución y finalización de este trabajo de investigación.

A la Licenciada *Marilena Gutiérrez* por su buena voluntad de ayudarnos en la obtención de datos a través de los equipos de laboratorio.

Br. Eddy David Valladares Castellón
Br. Bladimir Antonio Chavarría Bucardo

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	I-II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE CONTENIDO	IV-V
INDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE FOTOS	VI
INDICE DE GRAFICOS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII-IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del experimento	4
3.2 Diseño experimental	5
3.2.1 Descripción de tratamientos	5
3.3 Material experimental	10
3.4 Variables a evaluar	10
3.5 Metodología para el muestreo de suelo	13
3.6 Análisis estadístico de los datos	15
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Comportamiento de las propiedades físicas y la Materia orgánica del suelo en café bajo diferentes manejos de sombra y niveles de insumo en Masatepe, Nicaragua.	17
4.1.1 Efecto del comportamiento de la estabilidad estructural de suelo sobre diferentes manejos sombra y niveles de insumo.	17
4.1.2 Efecto del comportamiento de la turbidez del agua en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.	21

Continuación.....

Sección		Página
4.1.3	Efecto del comportamiento de la abundancia de raíces en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.	25
4.1.4	Efecto del comportamiento de la abundancia de poros del suelo en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.	28
4.2	Respuesta de la interacción de diferentes variables físicas y la materia orgánica a través de una regresión lineal.	30
4.2.1	Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo a los tres minutos con materia orgánica.	31
4.2.2	Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo a los cinco minutos en función de la materia orgánica.	31
4.2.3	Relación entre la turbidez del agua y la materia orgánica.	32
4.2.4	Relación entre la textura con respecto a la turbidez del agua	32
4.2.5	Relación entre la estabilidad estructural de suelo con respecto a la turbidez del agua	33
4.2.6	Relación entre la turbidez del agua sobre la Transmitancia.	33
V	CONCLUSIONES	34
VI	RECOMENDACIONES	35
VII	BIBLIOGRAFIA CITADA	36
VIII	ANEXOS	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de los tratamientos en las parcelas principales y sub parcelas	5
2	Características de las especies de sombra a evaluar en Masatepe, Nicaragua	6
3	Regresión lineal de las variables evaluadas para ver el nivel de significancia entre ellas.	30

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del municipio de Masatepe en donde se ubican los dos sitios experimentales Jardín Botánico y Campos azules.	4
2	Esquema de muestreo de campo	14
3	Ensayo experimental. Réplica 1 Níspero, Jardín	46
4	Ensayo experimental. Réplica 2, El Mamón, Jardín botánico, Masatepe	47
5	Ensayo experimental. Réplica 3 Campos Azules, Masatepe	48

INDICE DE FOTOS

Foto		Página
1	Árbol de Aceituno (<i>Simarouba glauca</i> DC)	6
2	Árbol de Roble (<i>Tabebuia roseae</i> (Bertol) DC)	7
3	Árbol de guaba (<i>Inga laurina</i> Sw) Willd.)	7
4	Árbol de Genízaro (<i>Samanea saman</i> (Jacq) Merr)	8
5	Planta de Café variedad Pacas	10
6	Aparato para medir estabilidad estructural de suelo	11
7	Determinación de poros y raíces	12
8	Clasificación de los agregados	12
9	Muestras de suelo en el laboratorio	13
10	Fase de laboratorio	50
11	Etapas de campo	50

INDICE DE GRAFICOS

Grafico		Página
1	Resultado de la interacción de los factores con respecto a la estabilidad estructural del suelo a tres y cinco minutos.	18
2	Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo en las combinaciones de sombra.	19
3	Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo en cada uno de los niveles de insumos..	20
4	Efecto de la turbidez bajo diferentes combinaciones de sombra agroforestales.	22
5	Grafico 5. Comportamiento de la turbidez del agua en las combinaciones de sombra.	23
6	Grafico 6. Comportamiento de la Turbidez del agua sobre cada uno de los niveles de insumo.)	24
7	Comportamiento de la abundancia de raíces bajo diferentes manejos agroforestales	25
8	Comportamiento de la abundancia de raíces en las combinaciones de sombra.	26
9	Comportamiento de abundancia de raíces en cada uno de los niveles de insumo.	27
10	Efecto de la interacción de diferentes combinaciones de sombra y niveles de insumo sobre la abundancia de poros	28
11	Efecto de diferentes combinaciones de sombra sobre la abundancia de poros	29
12	Comportamiento de la abundancia de poros bajo diferentes manejos de insumos	29

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Fertilización química y orgánica del ensayo sistema agroforestal con café. Masatepe, Nicaragua	39
2	Manejo de plagas, en el ensayo sistemas agroforestales con café 2000-2012 Masatepe, Nicaragua	39
3	Manejo de las malezas de acuerdo al tratamiento en estudio 2000-2014 Masatepe, Nicaragua	40
4	Resultado de la interacción de los factores con respecto a la estabilidad estructural del suelo a tres y cinco minutos	40
5	Resultado del factor A (combinaciones de sombra) con respecto a la estabilidad estructural de suelo.	41
6	Resultado del factor B (niveles de insumos) con respecto a la estabilidad estructural	41
7	Efecto del comportamiento de la turbidez del agua en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.	41
8	Efecto de la turbidez sobre el factor A combinaciones de sombra	42
9	Resultados de la Turbidez sobre el factor B (niveles de insumo).	42
10	Comportamiento de la abundancia de raíces bajo diferentes manejos agroforestales	42
11	Comportamiento de la abundancia de raíces bajo el factor A (combinaciones de sombra)	43
12	Comportamiento de abundancia de raíces bajo el factor B (niveles de insumo)	43
13	Efecto de la abundancia de poros bajo la interacción de diferentes combinaciones de sombra y niveles de insumo	43
14	Efecto de abundancia de poros bajo diferentes combinaciones de sombra	44
15	Efecto de la abundancia de poros bajo diferentes manejos de insumos	44
16	Ensayo experimental. Réplica 1 Níspero, Jardín botánico, Masatepe	45
17	Ensayo experimental. Réplica 2, El Mamón, Jardín botánico, Masatepe	46

Continuación.....

Anexo		Página
18	Ensayo experimental. Réplica 3 Campos Azules, Masatepe	47
19	Ciclo de vida de un macro agregado. Se demuestra la formación de Micro agregado al interior de macro agregados. Adaptado de Six <i>et al.</i> (2000).	48
20	Etapas de campo	49
21	Fase del laboratorio	49

Valladares Castellón., E.D.; Chavarria Bucardo., B.A. 2015. La estabilidad estructural del suelo y calidad del agua en sistemas agroforestales bajo diferentes niveles de insumo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Masatepe, Nicaragua 2015.

Resumen

La estabilidad estructural de suelo y la calidad del agua son factores importantes relacionados a la conservación del suelo y agua en cualquier ecosistema; para tal caso se seleccionaron diferentes sistemas agroforestales en el cultivo de café. (*Coffea arabica* L) C.V. PACAS, la plantación de café bajo sombra como *Inga laurina* + *Simarouba glauca* (ILSG), *Simarouba glauca* + *Tabebuia rosea* (SGTR), *Samanea saman* + *Inga laurina* (SSIL), *Samanea saman* + *Tabebuia rosea* (SSTR) y a pleno sol y niveles de insumos; Convencional Moderado (MO) Convencional Intensivo (CI), Orgánico Moderado (OI) Orgánico Intensivo (OI), son los tratamientos a evaluar en las tres repeticiones para la extracción de los datos de esta variable se utilizó el método del tamiz húmedo (modelo wet sieving apparatus) las muestras fueron sometidas a dos tiempos de exposición 3 y 5 minutos. El ensayo se realizó en la época seca del 2015 en el Centro Nacional de Estudios de Cooperativismo (CENECOOP) ubicado en Masatepe, Nicaragua. Se realizó un ANDEVA, bajo arreglo bifactorial en parcelas divididas mostro diferencias significativas en estabilidad estructural de suelo a los 5 minutos de exposición y para calidad del agua se empleó el método simple. Los resultado muestran una relación entre materia orgánica vs estabilidad estructural con $r = 99.45$, materia orgánica vs turbidez con $r = 96.66$, la textura vs materia orgánica $r = 95.51$, Es importante resaltar que el efecto de la materia orgánica tiene un efecto importante en la conservación, mejoramiento de la estabilidad estructural y la calidad del agua en sistemas agroforestales debidamente manejado para la protección del suelo en condiciones de laderas.

Palabras claves:

Agroforestal, estabilidad estructural, calidad de agua.

Valladares Castellón E.D.; Chavarria Bucardo B.A. 2015. The structural stability of the soil and water quality in agroforestry systems under different input levels in the cultivation of coffee (*Coffea arabica* L.), Masatepe, Nicaragua 2015.

ABSTRACT

The structural stability of soil and water quality are important factors related to soil conservation and water in any kind of ecosystem; for that matter different agroforestry systems on coffee cultivation they were chosen. (*Coffea arabica* L) C.V. BALE, planting shade coffee as *Inga laurina* + *Simarouba glauca* (ILSG) *Simarouba glauca* + *Tabebuia rosea* (SGTR), *Samanea saman* + *Inga laurina* (SSIL) *Samanea saman* + *Tabebuia rosea* (SSTR) in full sun and levels inputs; Conventional Moderate (MO) Conventional Intensive (CI), Organic Moderate (OI) Organic Intensive (OI) treatments are evaluated in three replicates for the extraction of data to varying wet sieve method (wet model was used sieving apparatus) the samples were subjected to two-time exposure 3 and 5 minutes. The trial was carried out in the dry season of 2015 in the National Cooperative Research Center (CENECOOP) located in Masatepe, Nicaragua. ANOVA was performed under two-factor split plot arrangement showed significant differences in structural stability of soil within 5 minutes of exposure to water quality and a simple method was employed. The results show a relationship between organic matter structural stability vs r = 99.45, turbidity organic matter vs r = 96.66, texture, organic matter vs r = 95.51, is important to note that the effect of organic matter has a significant effect on the conservation, improving structural stability and water quality in agroforestry systems properly managed for soil protection in terms of slopes.

Keywords:

Agroforestry, structural stability, water quality.

I.- INTRODUCCIÓN

La estructura del suelo es el ordenamiento espacial de las partículas minerales del suelo (arenas, limos y arcillas) en agregados, las cuales se encuentran enlazadas por materia orgánica e hidróxidos de hierro y aluminio (PORTA *et al.*, 1999).

La Estructura del suelo tiene influencia en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, siendo, en determinados casos, un factor limitante en la producción. Una estructura desfavorable puede acarrear problemas en el desarrollo de las plantas, tales como el exceso o deficiencia de agua, la falta de aire, la incidencia de enfermedades, la baja actividad microbiana, el impedimento para el desarrollo de las raíces. Esto se debe a que existen factores directos e indirectos que afectan la estructura del suelo entre los directos tenemos la textura, materia orgánica, organismos del suelo, contenido de arcilla y condiciones climáticas y los indirectos tenemos animales, aire, presión etc. (Kooistra, 1991), por el contrario, una estructura favorable permitirá que los factores de crecimiento actúen eficientemente y se obtengan, en consecuencia, los mayores rendimientos de las cosechas (Montenegro, 1991).

Las partículas minerales del suelo (arcilla) pueden unirse por acción biológica en el suelo para formar unidades de mayor tamaño que se denominan agregados. Según (Cairo Pedro, 1995), dice que cuanto más arcilla haya en un suelo tendrá mayor número de agregados, puesto que la arcilla une a las demás partículas de tamaños mayores para formar los agregados. La formación de agregados estables no se realiza en arenas ni limos, ni en ausencia de coloides. Un requisito indispensable de la formación de agregados es que halla material disponible que pueda ser agregado.

Los agregados tienen una gran importancia para la vida vegetal que se puede desarrollar sobre el suelo, debido a que las partículas no forman una masa continua al estar constituida por huecos (poros, canales, fisuras) que se comunican entre sí (PORTA *et al.*, 1999) y permiten el paso del agua y el aire, elementos esenciales para la vida, no sólo de las plantas sino también de los micro organismos que viven en el suelo.

Los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, agua y nutrientes a través de los espacios porosos, ofreciendo una resistencia natural a los embates del uso agrícola intensivo y del impacto de la lluvia y del viento. Por lo tanto, se puede considerar que el

Tamaño, la forma y la organización del conjunto de poros y agregados son factores clave de la calidad del suelo.

Los suelos con agregados de poca cohesión e inestables son los más susceptibles a sufrir daños estructurales. Un suelo inestable puede tener una buena estructura, pero sus agregados se desintegran fácilmente bajo el efecto de la lluvia o de la labranza. Cuando esto sucede, se forma a menudo un encostramiento superficial, verdadero sello que obstaculiza la germinación de las plantas, reduce la porosidad e incrementa la erosión.

La degradación de la estructura del suelo a causa del uso agrícola ha sido documentada en numerosos estudios (Elliot, 1986). Generalmente, se traduce en una disminución de la estabilidad estructural y un aumento de los micros agregados estables al agua a expensas de los macro agregados (Vidal *et al.*, 1981). Así mismo, resulta del efecto combinado de la pérdida de la materia orgánica, de la disminución de la porosidad y del aumento de la densidad aparente del suelo.

Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad (CATIE, 2005).

Para realización de este trabajo nos planteamos los siguientes objetivos.

II.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo general

- Identificar el estado de la estabilidad estructural del suelo y turbidez del agua en sistemas agroforestales bajo diferentes niveles de insumo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Masatepe, Nicaragua 2015.

2.2- Objetivos específicos

- Evaluar la estabilidad estructural del suelo de diferentes combinaciones de especies de sombra (leguminosas y maderables) y niveles de insumos (convencional y orgánico).
- Analizar la calidad del agua a través del indicador de turbidez del agua por combinación de sombra y el nivel de insumo aplicados en sistemas agroforestales con café.
- Relacionar la respuesta de la estabilidad estructural del suelo con respecto a la materia orgánica, turbidez del agua, abundancia de poros, abundancia de raíces y clase textural a través del contenido de arcillas y limo.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación del experimento

A partir del 2000 y 2001, las organizaciones CATIE, INTA, UNICAFE y UNA han realizado esfuerzo sobre el estudio de sistemas agroforestales en asocio con plantaciones de café, con el propósito de mejorar la calidad, conservación e incremento de la productividad bajo diferentes manejo de suelo, nutrientes y de sombra, este estudio es uno de los pequeños aporte a la línea de investigación en el contexto del suelo.

El ensayo experimental se estableció en Centro Jardín Botánico también denominado Centro Nacional de Estudios de Cooperativismo (CENECOOP) su ubicación geográficas es 11° 54` de Latitud Norte y 86° 09` Longitud Oeste.

El clima de la zona es seco, bien marcado de 5 a 6 meses, con una altitud de 455 msnm, una precipitación de 1400 mm y humedad relativa de 70-80 %. Los suelos son fértiles y el tipo de suelo es franco-limoso con pH de 5.7 a 6.0; materia orgánica de 10 a 12 %; temperaturas promedio de 24 °C y CIC de 54 a 57 % (Blanco *et al.*, 2002)



Figura 1. Localización del municipio de Masatepe en donde se ubican los dos sitios experimentales Jardín Botánico y Campos azules.

Figura 1. Localización del municipio de Masatepe en donde se ubican los dos sitios experimentales Jardín Botánico y Campos

3.2.- Diseño Experimental

El ensayo está compuesto por cuatro arreglos en combinaciones de árboles de sombra más una condición de café a plena exposición solar con el manejo de cuatro niveles de insumos, ya sea de tipo convencional u Orgánico.

En las parcelas grandes fue establecido y distribuido el factor tipo sombra; mientras que en las sub parcelas se distribuyó el factor Nivel de insumo, dando origen a 14 tratamientos (Cuadro 1). No todos los niveles de insumo están distribuidos en las parcelas grandes (CATIE-INTA-UNICAFE, 2010).

3.2.1.- Descripción de los tratamientos

Se establecieron dos factores de estudio: Factor A: Tipos de sombra, formado por la combinación de especies ya sea Maderable, Leguminosas o en mezclas, dando origen a cuatro niveles y una parcela a pleno sol; un Factor B: Niveles de insumos, con cuatro niveles; la combinación de ellos da origen a 14 interacciones, implicando que no todos las parcelas grandes tienen los mismos niveles de insumos, los que a continuación se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Descripción de los tratamientos en las parcelas principales y subparcelas.

En parcelas grandes, factor A	En Parcelas pequeñas: Factor B			
	Convencional Moderado (CM)	Convencional Intensivo (CI)	Orgánico Moderado (OM)	Orgánico Intensivo (OI)
<i>Inga laurina</i> + <i>Simarouba glauca</i> (ILSG)				
<i>Simarouba glauca</i> + <i>Tabebuia rosea</i> (SGTR)				
<i>Samanea saman</i> + <i>Inga laurina</i> (SSIL)				
<i>Samanea saman</i> + <i>Tabebuia rosea</i> (SSTR)				
Pleno sol (PSOL)				

Descripción del Factor A: Tipo de sombra.

En cada parcela grande o principal se establecieron especies de árboles de sombra (Solo leguminosas, solo maderables o combinadas): fueron establecidas las especies: *Simarouba glauca* (Aceituno), *Tabebuia rosea* (Roble), *Samanea saman* (Genízaro) en 2003. La especie *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) debido a problemas de crecimiento y ataque de plagas fue sustituida por *Samanea saman* (Genízaro) adicionalmente se incluyó para hacer comparaciones estadísticas dos parcelas a pleno sol (Chavarría y Hernández, 2007; Cardoza *et al.* 2007).

Cuadro 2.- Características Fisiológicas de las especies de sombra a evaluar en Masatepe, Nicaragua

Especies	Siglas	Nombre común	Fenología	Copa	Fijador nitrógeno	Uso
<i>Simarouba glauca</i>	SG	Aceituno	Perennifolio	Alto Estrecha	NO	Maderable
<i>Tabebuia rosea</i>	TR	Roble	Caducifolio	Alto Estrecha	NO	Maderable
<i>Inga laurina</i>	IL	Guaba	Perennifolio	Baja amplia	SI	Servicio
<i>Samanea saman</i>	SS	Genízaro	Perennifolio	Baja amplia	SI	Maderable

Descripción de las especies de árboles de sombra del ensayo.

En el experimento se establecieron diferentes especies de árboles de tipos maderables y leguminosas, que a continuación se describen:

***Simarouba glauca* DC (Acentuó, Aceituno; Negrito): Familia: Simaroubaceae.** Es un árbol de mediano a grande, que alcanza 25 – 27 m de altura y un tallo de 40-50 cm de diámetro, a menudo con un fuste cilíndrico limpio, hasta los primeros 9 m, es de copa estrecha, corteza fisurada y de color pardo y amarillento a



Foto 1. Árbol de Aceituno (*Simarouba glauca* DC)

grisáceo. Ampliamente usada como sombra en los cafetales del pacifico sur de Nicaragua y como árboles dispersos en los cafetales del pacifico de Centro América por su sombra durante todo el verano, se considera un árbol fresco que no afecta a los cafetales (Cordero y Boshier, 2003).

***Tabebuia rosea* (Bertol.) DC (Roble sabanero, Macuelizo, Falso roble) Familia: Bignoniáceae.**



Foto 2. Árbol de Roble
(*Tabebuia roseae* (Bertol) DC)

Se caracteriza por ser un árbol caducifolio de porte mediano a grande, hasta 28-37 m de altura con 50-100 cm de diámetro. El árbol tiene una copa ancha, que puede ser cónica o irregular con follaje abierto, liviano.

La corteza gris oscura, escamosa con fisuras verticales. Las hojas compuestas, opuestas, con 5 folios. Se emplea en plantaciones y ensayos de enriquecimiento, bajo sistemas silvopastoriles, linderos, como sombra ornamental o sombra para café, en proyectos de restauración ecológica, en zonas secas es fuentes de alimento y albergue de

animales
(Cordero

y Boshier, 2003; Escobar 2008).

***Inga laurina* (Sw) Fabaceae (Guaba, guabillo, cuanjiniquil); Familia: Mimosoideae.**

Es un árbol de 4 - 22 m de alto, copa umbelada o redondeada, tronco con la corteza exterior negra y lenticelada, ramitas terminales con lenticelas blancas. Las flores aparecen en inflorescencia, son apenas fragantes y de color verde amarillo, fruto lineal oblongo, el arilo



Foto 3. Árbol de guaba (*Inga laurina* Sw) Willd.)

blanco que cubre la semilla es comestible, las hojas compuestas, alternas, paripinnadas; es

una especie de rápido crecimiento. La madera de este árbol es usada para poste, leña, carbón y a veces muebles de baja calidad, rústicos, carpintería. Proporciona sombra a cultivos perennes, proporciona nitrógeno a través de su capacidad fijadora, se usa menos como planta melífera y como forraje (Cordero y Boshier, 2003).

***Samanea saman* (Jacq) Merr (Genízaro, jenízaro, guachapali, carrito negro) Familia: Fabaceae.**

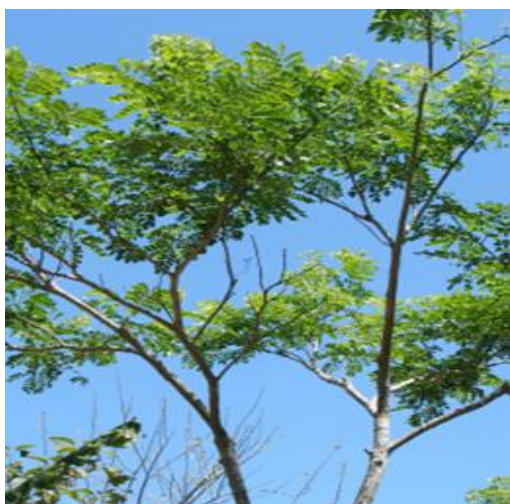


Foto.-4. Árbol de Genízaro (*Samanea saman* (Jacq) Merr)

Árbol con altura de 30 m, de copa grande y redondeada, provee de sombra a una amplia área, hojas compuestas bipinadas, alternas, inflorescencia en umbela con flores blancas-rosadas, frutos en vainas rectas a ligeramente curvadas. Es considerada como una madera comercial, en general se puede usar en construcciones, acabados y divisiones interiores. Las hojas frescas constituyen un excelente forraje, los frutos son dulces y apreciado por el ganado, es utilizado con preferencia para sombras de potreros y

pastizales (Cordero y Boshier, 2003).

Descripción del Factor B: Niveles de insumo

Los niveles nutricionales establecido para el cultivo de café se han implementados durante los últimos 10 años, para lo cual el presente estudio retomo estas condiciones de los componentes de insumos sintéticos y orgánicos en el manejo agronómico del ensayo para el manejo de la fertilización, las malezas, las enfermedades e insectos, plagas (minador y broca) que afectan al cultivo del café en el sistema agroforestal (Chavarría y Hernández, 2007).

A continuación se describen cada uno de los manejos por niveles de insumo que han sido establecidos en el ensayo que tienen un efecto directo sobre las propiedades del suelo:

Convencional intensivo (CI): En las parcelas con este tipo de insumo las dosis de fertilizantes que se aplicaron son: completo de N-P-K de 0.158 kg/planta fraccionadas en

tres aplicaciones y 4 aplicaciones foliares por año de 1.25 g de Zinc + 1.5 g de Boro/l agua (Anexo 1). Para el control de plagas se realiza una aplicación preventiva de Cobre con 2.5 g l⁻¹ (mayo-junio), aplicación de Hexaconazol 3 cc l⁻¹. Para el manejo de broca se emplea trampas (marzo – agosto), se realiza Pepena-repela (marzo) (Anexo 2). En el control de maleza se hacen dos aplicaciones de Flex 1 l ha⁻¹ + glifosato 1 l ha⁻¹ Parcialmente, 15-20 días después de la primera o segunda chapia y 3 a 4 chapias con machete (Anexo 3).

Convencional Extensivo o Moderado (CM): Para la fertilización del cultivo (Anexo 1), en este tipo de manejo se aplicó: completos N-P-K de 0.079 kg planta⁻¹ y 2 aplicaciones foliares por año: 1,25 de Zinc + 1,5 g de Boro l⁻¹ de agua + 1 cc adherente l⁻¹ de agua (marzo y octubre). Para el control de plagas se hizo una aplicación preventiva de Cobre de 2.5 g l⁻¹ y aplicación de Hexaconazol 3 cc l⁻¹ en los meses de mayo y junio; en el manejo de broca se usó trampas en marzo a agosto y se realizó la pepena-repela en el mes de marzo (Anexo 2). Para el manejo de maleza se realiza una aplicación de glifosato 2 l ha⁻¹ dirigida a zacates y hoja ancha después de la segunda chapia y en total se realizan 2 a 3 chapias con machetes (Anexo 3).

Orgánico Intensivo (OI): En este tipo de manejo se excluye lo que es la aplicación de productos químicos, se realizaron aplicaciones de pulpa de café 2.2 kg planta⁻¹ + compost 1.8 kg planta⁻¹ y una aplicación mensual foliar con biofermentados 100 cc l⁻¹ agua (Anexo 1). Para el manejo de plagas se realizó una aplicación preventiva de caldo sulfocálcico de 50 cc l⁻¹ en el mes de junio, una segunda aplicación de sulfocálcico según su incidencia; para el manejo de broca se usan trampas en el mes de marzo-agosto y también se aplica solución con el entomopatógeno (*Beauveria bassiana*), así como se realizó la pepena – repela para marzo (Anexo 2). El control de maleza se realiza de 2 a 4 chapias con machetes (Anexo 3).

Orgánico Moderado (OM): Se realizaron aplicaciones únicamente de pulpa de café de 2.2 kg planta⁻¹. (Anexo 1). Para el control de plagas se realizó una aplicación preventiva de Caldo Sulfocálcico de 50 cc l⁻¹ en el mes de junio y una segunda aplicación de sulfocálcico según incidencia; para el manejo de broca se usa trampas y pepena-repela en el mes de marzo (Anexo 2) y para el control de maleza se realiza de 2 a 4 chapias con machetes (Anexo 3).

3. 3- Material experimental

Variedad: Pacas (*Coffea arabica* L.); Familia: Rubiácea

La variedad Pacas, tiene como origen a una Mutación del Bourbon muy parecida al Caturra, generada en El Salvador. La planta es de porte bajo menor que el Borbón, entrenudos y bandolas más cortas, hojas más grandes y de color verde oscuro. El tallo tiene gran proliferación de bandolas, lo que le da un aspecto más compactado y más cerrado

Es una planta muy resistente al viento y a la sequía por lo que está siendo recomendado su cultivo en zonas donde azota el viento, a altitudes menores de los 1,000 msnm y en los bajos comprendidos entre los 400 y 600 msnm, donde las lluvias son menores y el suelo retiene menos agua. Si se cultiva a más de 1,200 m, la respuesta del cultivo es de un lento crecimiento de la planta y una maduración tardía.



Foto 5. Planta de Café variedad Pacas

Se ha comprobado, además, que la variedad tiene alta resistencia a la *Cercóspora sp* que el Borbón. Pacas tiene muy buenos rendimientos, debido a que puede sembrarse una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie. También, es una planta que responde perfectamente a todos los sistemas de poda. Estas características la hacen viable para establecer en las zonas bajas y secas como el Pacífico Sur de Nicaragua

3.4.- Variables a evaluar

Para cumplir con los objetivos específicos planteados en el presente trabajo se definieron un conjunto de variables que se describen a continuación:



Foto 6.- Aparato para medir estabilidad estructural de suelo

Estabilidad Estructural del suelo.

El equipo de tamizado en húmedo se usa para determinar la estabilidad de los agregados en el suelo, el equipo estándar incluye una maquina tamizadora para el método de tamizado en húmedo (incl. Adaptador 100-240 VCA) que admite 8 tamices de acero inoxidable $\text{Ø } 64*45 \text{ mm}$ vasos de diámetros $\text{Ø } 39*39 \text{ mm}$ con una luz de malla de 0.250 mm y una de superficie de tamiz de 10.2 cm^2 . La estabilidad en humedad de agregados se determina por el principio que los agregados inestables se rompen con mayor facilidad que los

agregados estables cuando se sumergen en agua.

Para el presente estudio se determinó tomar el tiempo de tres minutos propuestos por la metodología del tamiz y de cinco minutos para determinar el grado máximo de estabilidad que soportaba el agregado en cuanto a su estabilidad y compara con el tiempo propuesto por el equipo.

Para el estudio de esta variable se utilizaron cuadrantes metálicos de $20*20*15 \text{ cm}^3$ (6000 cm^3) con ello se extrajo tres bloques de suelo en cada parcela experimental distribuidos en forma diagonal (Figura 2), a cada uno de los bloques de tierra fueron cubiertos con tela para evitar la destrucción, identificados y transportados desde el campo al Laboratorio de Suelos y Agua de la UNA, donde fue aplicando el método de tamizado húmedo (wet sieving apparatus) que consiste en:

- Fragmentar el bloque de suelo en dos porciones facilitados por una de sus fracturas naturales.
- Manipular la muestra manualmente o tamizado con el objetivo de obtener agregados de diferentes tamaños (menores, medios y grandes), solo los pequeños serán seleccionados
- Elegir los agregados de 10 mm de diámetro.

- En cada uno de los 8 tamices fue colocado un agregado y fue sumergido en agua destilada hasta que el nivel de agua lo cubriera todo.
- Encender el equipo y esperar que realice el movimiento vertical durante tres minutos.
- Pasados los tres minutos fue apagado el equipo y se procedió a levantar el soporte del tamiz y hacer un recuento de los agregados que no se desintegraron.
- Hacer un cálculo en porcentaje de estabilidad a través de la fórmula

$$\% \text{ estabilidad} = \frac{\text{Agregados buenos}}{\text{total de agregados}} * 100$$



Foto 7.-Determinación de poros

Abundancia de poros del suelo. Esta variable se obtuvo de manera manual a través de recuentos de poros en un área determinada del bloque de suelo de 1 dm² por cada bloque de tierra extraído y clasificada según diámetros establecidos por la (FAO, 1993.)

Abundancia de raíces. Esta variable se obtuvo de forma manual a través de recuentos de raíces en un área del bloque de 1 dm² y se clasificó según el diámetro desde 0.1 mm hasta 2 mm.

Transmitancia del agua. Esta variable depende de la estabilidad estructural de suelo porque como el método de tamiz húmedo se trata de someter el agregado a un movimiento vertical sumergido en agua en un determinado tiempo, el agua que queda en los cilindros después del tiempo establecido es la que se utiliza para su obtención y se obtiene de la siguiente manera: se toma una muestra de agua y se coloca en un tubo de ensayo luego se pone en el aparato spectronic 20 y el mide la Transmitancia

Turbidez del agua. Esta variable se obtiene de la siguiente forma.

- Se clasifica los agregados según el diámetro de 10 mm.



Foto 8.- Clasificación de los agregados

- Pesar cada agregado en seco antes de someterlo al proceso de tamizado húmedo.
- Medir la cantidad de agua que se aplica al agregado hasta cubrirlo completamente.
- Luego se enciende y se deja que pase el proceso de sumersión durante 5 minutos.
- Luego se procede a apagar y levantar el soporte del tamiz.
- Trasladar los agregados húmedos que quedaron en el tamiz a un recipiente metálico para ponerlos a secar al aire libre.
- Pesar los agregados secos luego del secado y aplicar la siguiente formula.

$$Turbidez = \frac{P1(mg) - P2(mg)}{\text{cantidad de agua aplicada en ml}}$$

Donde



Foto 9.- Muestras de suelo en el laboratorio

Turbidez = cantidad de partículas en suspensión dada en mg/ml

P1= peso del agregado seco antes del proceso

P2= peso del agregado secado al aire libre.

Textura. Esta variable se determinó en el laboratorio de suelo y agua (LABSA) ubicado en la Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua, Nicaragua; fue aplicado el método de la pipeta (USDA, 1996)

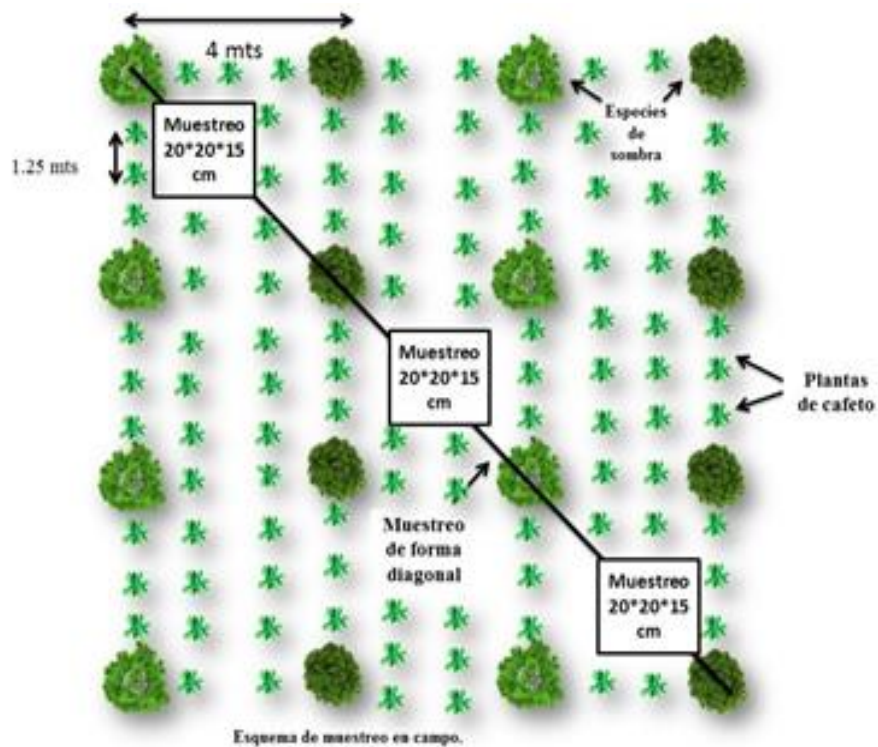
Materia orgánica. Fue realizada en el laboratorio de suelo y agua (LABSA) ubicado en Managua, Nicaragua, la determinación de Materia orgánica a través del método de (Walkley-Black 1934).

3.5.- Metodología para el muestreo de suelos

El presente estudio está conformado por tres replicas y 14 parcelas experimentales se tomaron tres puntos de muestreo en cada parcela para un total de 42 muestras por cada replica y un total de 126 muestras en todo el ensayo; tomando como base los siguientes

criterios.

Los tres puntos de muestreo por parcela se realizaron de forma diagonal las muestras 1 y 3 se tomaron de los extremos estas serán influenciada por cada especie (leguminosa, maderables) y la muestra 2 se tomó del centro de la parcela con el propósito de combinar las especies antes mencionada



- ✓ Para la extracción de las muestras se utilizaron marcos metálicos con las siguientes dimensiones de 20 x 20 x 15 cm con un área de 400 cm^2 y un volumen de 6000 cm^3 .
- ✓ Antes de colocar el marco metálico se humedeció el suelo a muestrear con un litro de agua para facilitar la extracción.
- ✓ Introducimos el marco a presión para extraerla la muestra de suelo con el objetivo de evitar que se fracture.
- ✓ Se utilizó un palin cuadrado para excavar los extremos del marco separando la tierra de los lados.
- ✓ Luego de excavado los lados del marco metálico se entierra el palin horizontal mente

para extraer la muestra con todo el marco.

- ✓ Una vez extraída la muestra esta se envolvió con manta para evitar se destruya al momento de ser trasladada al laboratorio.
- ✓ Se identificó la muestra codificándola con maskin tape para evitar confusión entre las muestras.
- ✓ Trasladamos las muestras de la parcela al vehículo para posteriormente al laboratorio.

3.6.- Análisis estadístico de los datos

Para todas las variables en estudio se procedió a aplicar a los datos un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por medio de Duncan al 5 %, con el fin de encontrar diferencias o no entre la combinación de especies de árboles de sombra y nivel de insumo.

El análisis de los datos conllevó a la aplicación del modelo estadístico correspondiente a un diseño de parcelas divididas en bloques incompletos, el que a continuación se describe:

Modelo aditivo lineal de un diseño de parcelas divididas

$Y_{ijk}: \mu + \tau_i + \beta_k + (\tau\beta)_{ik} + \theta_j + (\tau\theta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$. Dónde:

Y_{ijk} : La k-ésima observación del i-jenésimo tratamiento.

μ : Media general.

β_k : Efecto de la réplica o bloque.

τ_i : Efecto del aporte de la combinación de árboles de sombra (parcela grande).

$(\tau\beta)_{ik}$: Error asociado a los árboles de sombra (parcelas grandes).

θ_j : Efecto de los niveles de insumo.

$(\tau\theta)_{ij}$: Efecto de interacción de los árboles de sombra con los niveles de insumo.

ϵ_{ijk} : Error asociado a los niveles de insumo (sub parcelas).

Si se designa:

$i = 1, 2, 3$. = Combinación de especies de árboles de sombra.

j = 1, 2, 3,4. = Niveles de insumo aplicados.

k = 1, 2, 3. = Número de bloques o replicas.

Para el procesamiento de los datos se utilizó Excel para los cálculos respectivo y la generación de variables adicionales y el programa SAS (Statistic Análisis Systems), versión 9.1 para el análisis estadístico.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de las propiedades físicas y la materia orgánica del suelo en café bajo diferentes manejos de sombra y niveles de insumo en Masatepe, Nicaragua.

4.1.1 Efecto del comportamiento de la estabilidad estructural de suelo sobre diferentes manejos sombra y niveles de insumo

La estabilidad de la estructura del suelo, es la resistencia que oponen los agregados del suelo a ser desintegrado por acción del agua y de la manipulación mecánica (Baver *et al.*, 1991). Entre los múltiples factores que la afectan están: Materia orgánica, tipo de arcilla y la distribución de partículas por tamaño, la cual constituye una de las características más importantes por cuanto afecta innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: superficie específica, consistencia, estructura, porosidad, velocidad de infiltración, conductividad hidráulica.

La estructura del suelo, según Montenegro (1991), tiene influencia en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, siendo en determinados casos, un factor limitante en la producción. Una estructura desfavorable puede acarrear problemas en el desarrollo de las plantas, tales como el exceso o deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, baja actividad microbiana, el impedimento para el desarrollo de las raíces, etc.; por el contrario, una estructura favorable permitirá que los factores de crecimiento actúen eficientemente y se obtengan, en consecuencia, los mayores rendimientos de las cosechas.

Según el análisis estadísticos de los datos realizado a las medias de los tratamientos se obtuvo diferencia significativas en exposición de 5 minutos en oscilación de los agregados, obteniendo la combinación de *Samanea saman* + *Inga laurina* con el nivel de insumo Orgánico Intensivo (SSIL+OI) una mayor estabilidad con 86.11 % donde se mantuvieron las partículas unidas, mientras que la combinación de SSIL+MC fue solo un 16.66 % se mantuvieron unidos los agregados (Grafico 1).

Según un estudio realizado por (Rodriguez & Reyes, 2014), en la misma área experimental, la cantidad de producción de materia seca por efecto de la interacción sombra-insumo, en

general los tratamientos con manejo orgánico presentaron mayor aporte en relación a los convencionales, y muestra que presento mayor producción de materia seca fue *Samanea saman* + *Inga laurina* con el Orgánico Intensivo (SSIL+OI), obteniendo hasta 25,874 kg ha⁻¹ de materia seca en el año 2013.

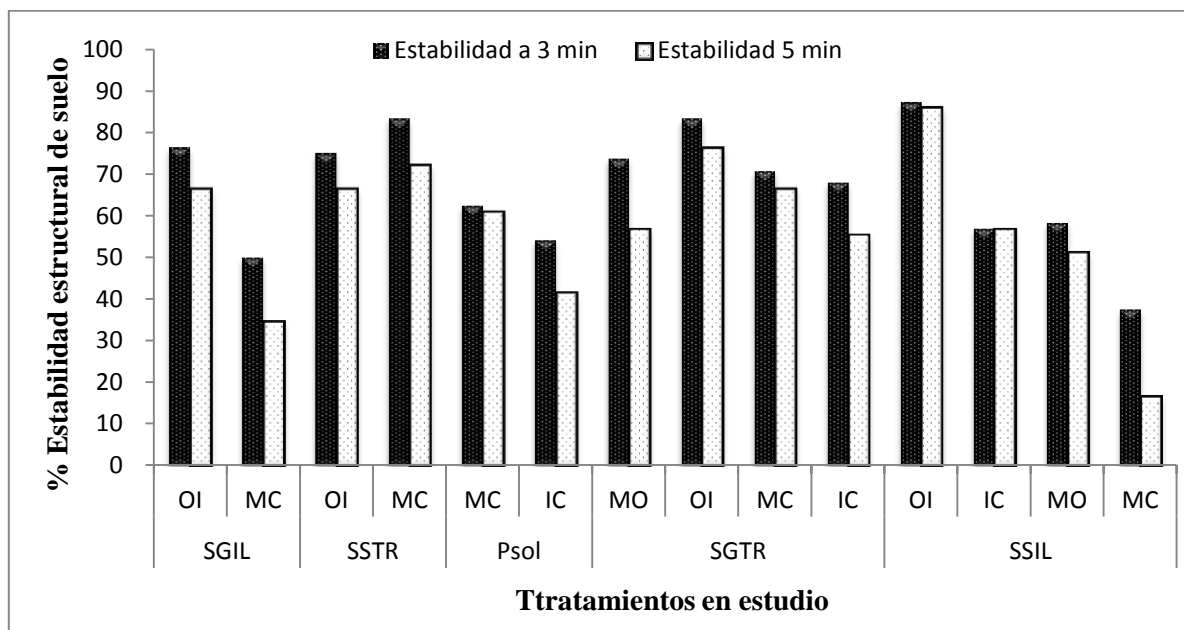


Gráfico 1.- Resultado de la interacción de los factores con respecto a la estabilidad estructural del suelo a tres y cinco minutos.

Según Gómez (2012), describe que la mayoría de los estudios realizados en el mundo, sobre arboles leguminosos (*Erythrina* sp), se han centrado en la evaluación de este tipo de especies en sistemas agroforestales, por que presentan beneficios como la fijación de N, establecimiento de fácil manejo en el campo, buen comportamiento con otras especies; y aporte de biomasa por caída natural de residuos y frecuencia de podas.

Como se sabe que para la formación de agregados es relevante para la calidad y conservación de suelo y por tanto para la calidad de los ecosistemas se ha evidenciado que las hifas del hongo de las micorrizas en cooperación con otros microorganismo, interaccionan en tal proceso. En primer lugar, el micelio desarrolla un esqueleto que mantiene las partículas adheridas después tanto las raíces como las hifas aportan productos orgánicos que se incorporan a la estructura de formación. Los microorganismo excretan o exudan agentes compactantes (mucilagos, polisacáridos) que provocan una cementación de

los micro agregados en formación. Finalmente estos se unen en macro agregados, merced a la cooperación de las hifas de la micorriza y a la acción cementante de los productos de origen microbiano y vegetal (Martínez, 1999).

En cuanto a las combinaciones de sombra no hubo diferencias significativas entre sí pero refleja que los mayores porcentaje en la estabilidad estructural de suelo durante tres minutos de exposición al movimiento vertical que oscilan entre 63.19 y 79.16 % siendo las combinaciones SSTR, SGTR, SGIL, SSIL mientras que estos mismo tratamientos expuesto a los cinco minutos dieron valores entre 50.59 y 69.44 %. Con menores porcentajes de estabilidad de agregados a los tres minutos de agitación fueron los tratamientos SSIL y Psol con 57.63 y 58.33 % respectivamente, de igual forma agitados por cinco minutos estas mismas combinaciones obtuvieron valores de 51.38 y 52.77 % (Grafico 2).

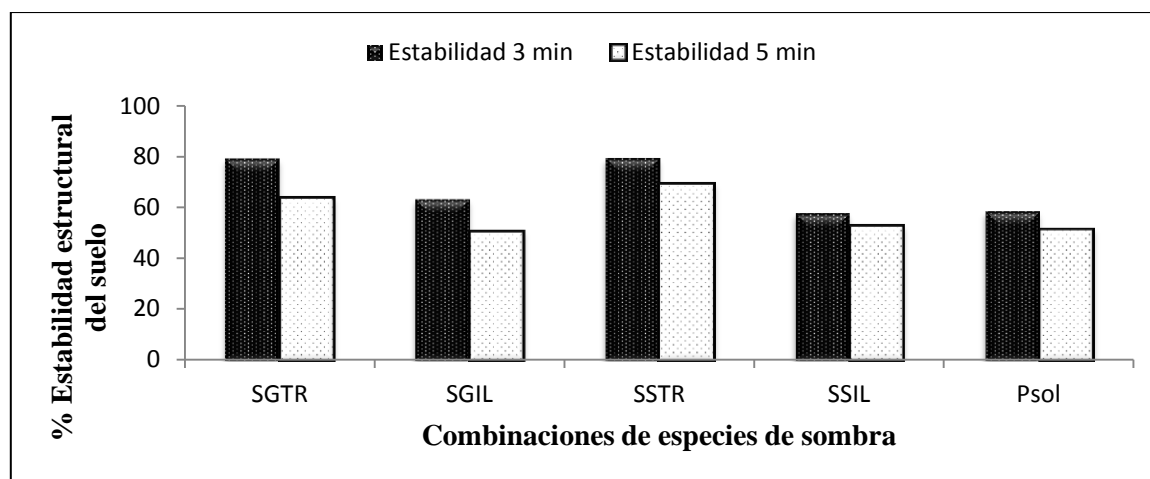


Gráfico 2.- Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo en las combinaciones de sombra.

Velázquez y González (2012), afirman que los árboles ofrecen al café un inmenso abanico de alternativas y ventajas, tales como, la formación de un microclima adecuado para la producción de café, control de la temperatura del suelo y el mantenimiento de la fertilidad, permitiéndole a la planta condiciones favorables para su desarrollo, disminuyendo así los efectos del cambio climático. Montealegre (1954), analizó varias experiencias negativas del cultivo de café a pleno sol en diferentes sectores de Costa Rica, concluyendo que dichos fracasos se debieron a que el café es una especie que se desarrolla bajo la sombra y sólo en esas condiciones es posible obtener una planta sana, de alta producción y buena calidad, por

un período más prolongado.

La condición Pleno sol (Psol) con nivel de insumo convencional presentó aportes de materia seca menores en comparación a los aportes por las combinaciones de árboles de sombra. Además las plantas de café presentan debilitamiento productivo a temprana edad en comparación a plantas de café bajo sombra. Altamirano (2005), indica que las plantaciones de café sin sombra, se caracterizan por una deficiente protección al suelo, bajo en la restitución de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y en una alta movilidad de los mismos.

En los resultados obtenidos de la estabilidad estructural de suelo en cada uno de los niveles de insumos indica que solo hay diferencias significativas en la estabilidad a los cinco minutos y según Duncan al 5 % lo separa en 2 categorías siendo la de mayor porcentaje el orgánico intensivo con 73.95 % y la segunda comprendida por los insumos OM, CI y CM con porcentajes que oscilan entre 50.27 y 54.16 % (Gráfico 3).

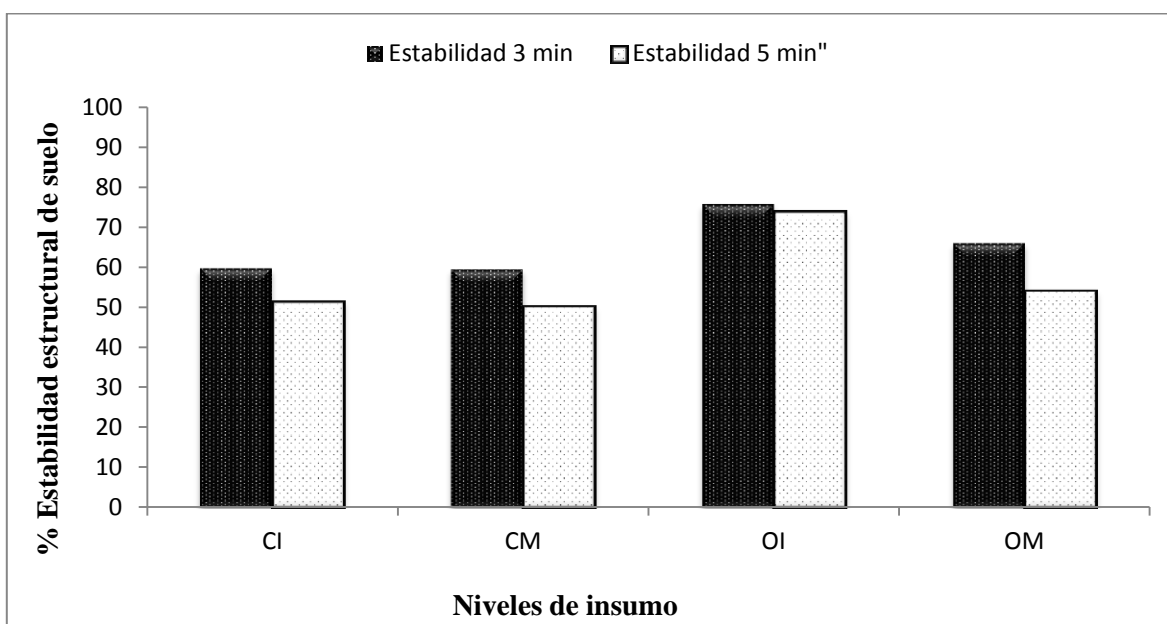


Gráfico 3.- Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo en cada uno de los niveles de insumos.

Según estudios realizados en el mismo ensayo por (Rodriguez & Reyes, 2014), en relación al aporte de materia seca, por efecto de los niveles de insumo, los tratamientos orgánicos (OI y OM) influyeron en la mayor producción de biomasa en los tres años cuantificados,

siendo estadísticamente significativos en el 2013 y diferente en relación a la producción de materia seca por los insumos convencionales dados por CI y CM.

Los desechos vegetales contribuyen con la protección del suelo reduciendo la erosión, mejorando el estado nutricional, conservación de la humedad del suelo y aumento de la actividad microbiológica (Merino, 2003), contribuyendo como la principal fuente de materia orgánica (Altamirano, 2005).

La materia orgánica del suelo (MOS) es un factor estabilizador de la estructura del suelo, ya que ayuda a mantener las partículas minerales unidas frente a las fuerzas desestabilizadoras como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia (Lado *et al.*, 2004)

4.1.2 Efecto del comportamiento de la turbidez del agua en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.

En el Grafico 4, se presentan los resultados obtenidos de la desagregación de los agregados bajo los diferentes tratamientos, lo cual en el análisis de los datos existen diferencias significativas entre sí, para los tratamientos y el que mayor desagregación tuvo fue el SSIL+CI con un 16.14 % y el que menor desagregación tuvo fue el tratamiento SSTR+MC con un 8.04 %.

Se dice que el 80 % del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos producto de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua (Singh, 1989).

Según Ongley (1997), la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

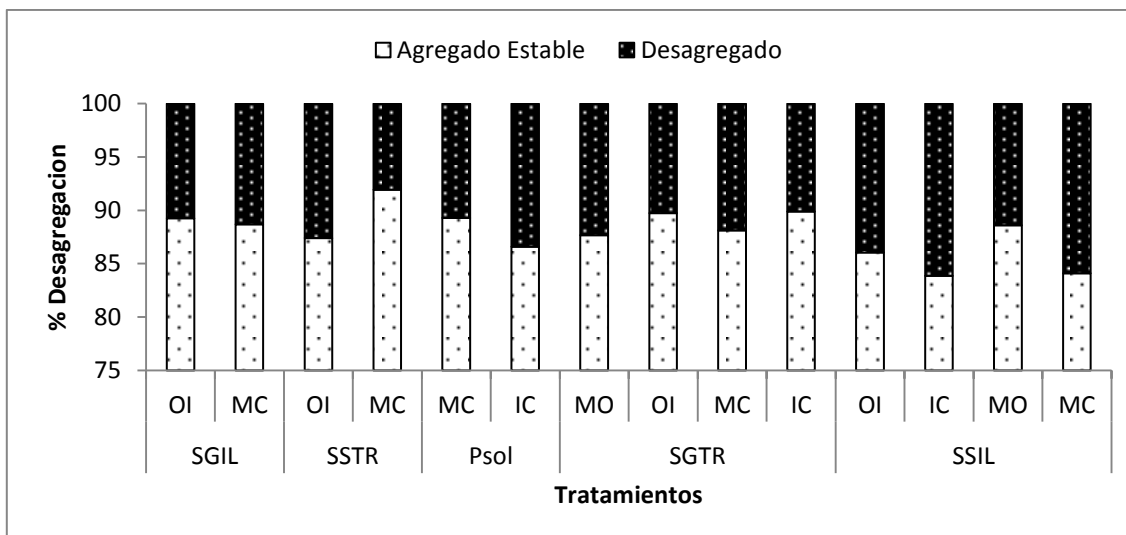


Gráfico 4. Efecto de la turbidez bajo diferentes combinaciones de sombra agroforestales.

La contaminación de aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos niveles de turbidez.

Según el análisis indica que para las combinaciones de sombra no hubo diferencias significativas entre si en la desagregación de los agregados, (Gráfico 5).

La expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de degradación del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en países del trópico. En la actualidad, los organismos dedicados a determinar la calidad de agua realizan muestreos más diversos, incluyendo agua, sedimento y biota, con la finalidad de determinar con mayor precisión los plaguicidas que se encuentran en el medio acuático (CATIE, 2005).

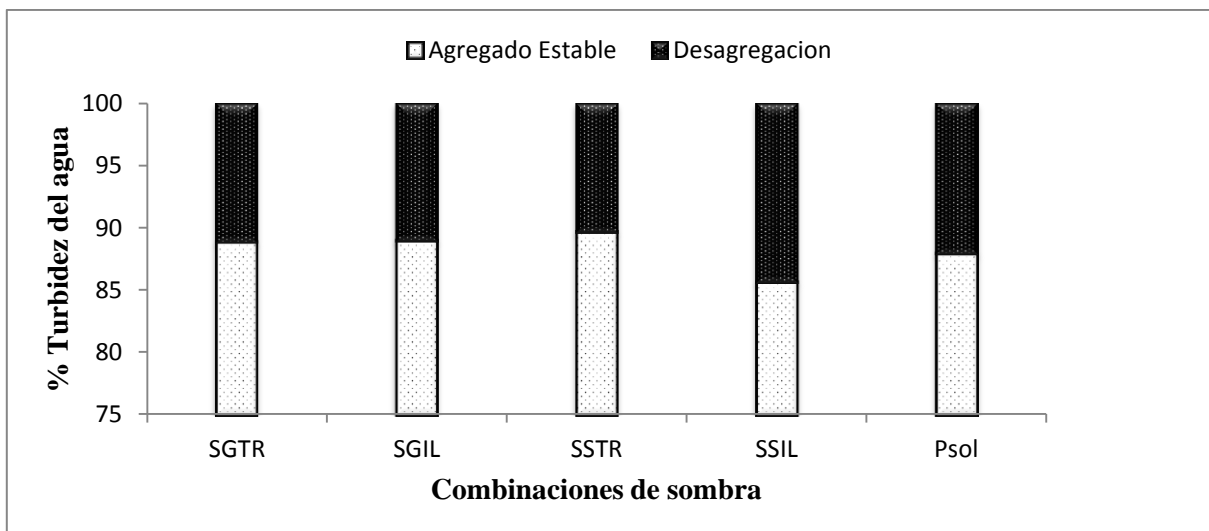


Gráfico 5. Comportamiento de la turbidez del agua en las combinaciones de sombra.

Otros factores que afectan la cantidad y calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realizan en terrenos. Esto se da cuando el manejo forestal cambia la producción del área afectando los niveles de las corrientes externas e internas provocando sedimentación de los canales de riego, incremento de avenidas, riesgos y daños por inundaciones (CATIE, 2005).

Una atención singular merece la cobertura forestal y principalmente la boscosa, la cual es fundamental para garantizar la calidad de agua y niveles aceptables de escorrentía y conservación de suelos. Cuando el bosque está intacto el agua se mantiene limpia, pero cuando existe la necesidad de talar los árboles con el objetivo de sembrar, necesidad de leña, quema en los terrenos, erosión por la necesidad de infraestructura, manejo de la ganadería al aire libre, se tiene un agua con exceso de sedimentos. La cuenca poco a poco se va degradando a tal nivel que hay cauces donde ya no corre el agua.

En cuanto al análisis de desagregación de los agregados en los diferentes niveles de insumos no hubo diferencias significativas (Gráfico 6).

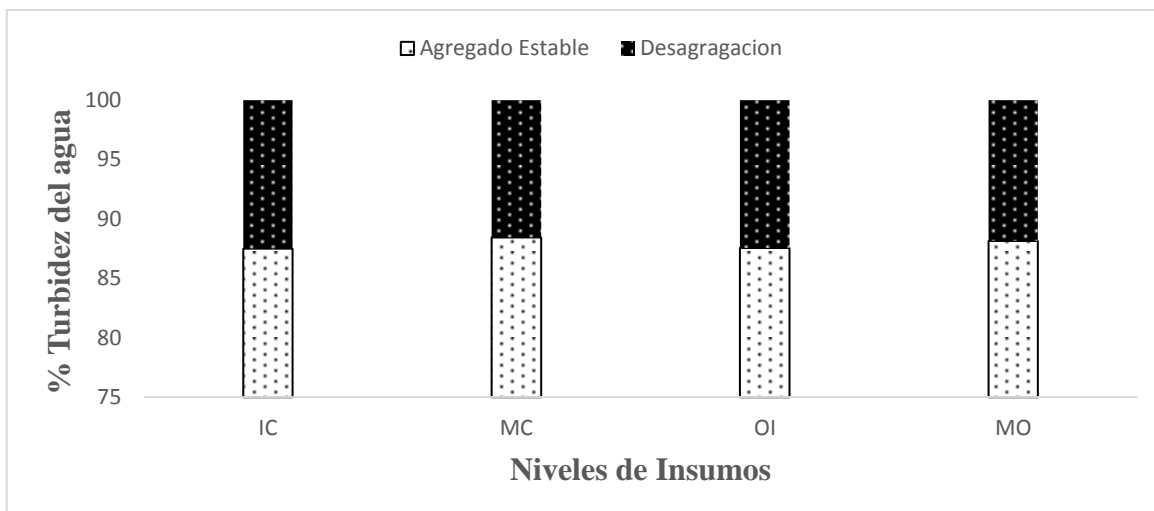


Gráfico 6. Comportamiento de la Turbidez del agua sobre cada uno de los niveles de insumo.

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70 % de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y escorrentía (FAO, 1993).

4.1.3 Efecto del comportamiento de la abundancia de raíces en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.

Las plantas ayudan a agregar las partículas de suelo en muchas formas. La más importante quizás, la excreción de los compuestos orgánicos por las raíces que servirán como ligamento entre las sustancias inorgánicas (Cairo Pedro, 1995).

La presión ejercida por la raíz, el CO₂ producido en la respiración y los minerales excretados también son importantes. Las pequeñas raíces mantienen juntas las partículas. La deshidratación del suelo por la raíz causa grietas al encoger el suelo, lo que origina rompimientos y posteriormente la formación de agregados (Cairo Pedro, 1995).

Según los datos obtenidos no existen diferencias significativas entre los tratamientos y la abundancia de raíces, pero se reflejan diferencias cuantitativas en buena cantidad, según sus diámetros en especial las raíces finas (0.1-0.5 mm) especialmente en la interacción Psol + MC (Gráfico 7).

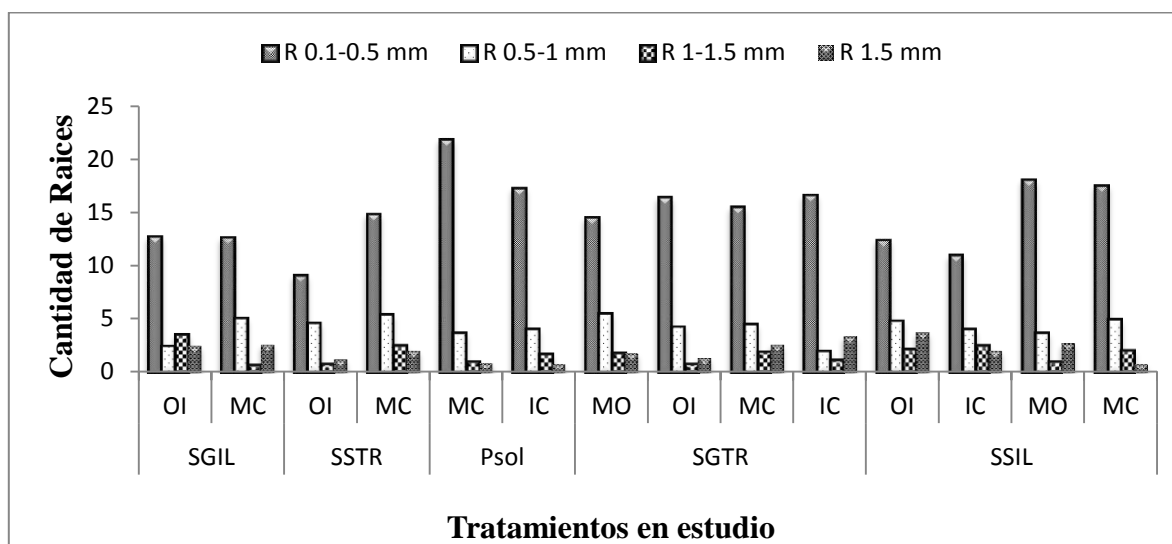


Gráfico 7. Comportamiento de la abundancia de raíces bajo diferentes manejos agroforestales.

El follaje de la planta y sus residuos cubren el suelo y los protegen de los cambios bruscos de temperatura, humedad y de los efectos de las gotas de las lluvias. Los residuos vegetales, tanto como el follaje como raíz proporcionan la base alimentaria de los microorganismos del suelo que son unos de los principales factores agregantes.

Los principales procesos por los cuales las raíces afectan la agregación, pueden ser agrupados en cinco categorías: (1) penetración de raíces, (2) modificación del régimen hídrico, (3) producción de exudados, (4) entrelazamiento de agregados causados por las raíces y (5) descomposición de raíces muertas (Angers y Caron, 1998).

En cuanto al comportamiento de la abundancia de raíces en las combinaciones de sombra no hubo diferencias significativas entre sí por lo tanto la cantidad de raíces fue similar (Gráfico 8).

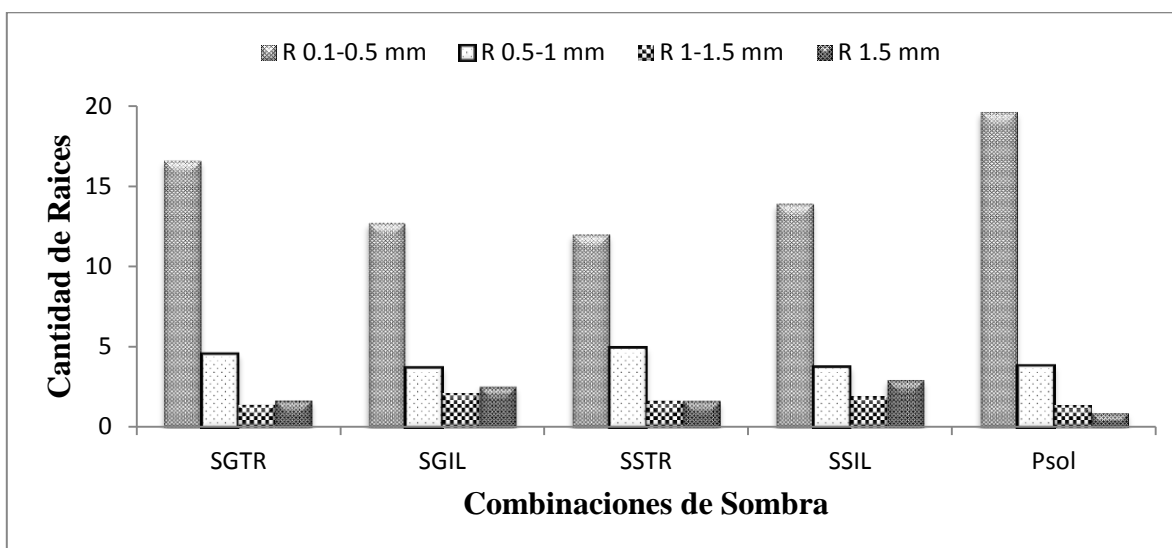


Gráfico 8. Comportamiento de abundancia de raíces en las combinaciones de sombra.

Un estudio realizado por Martínez y Trinidad *et al*, (2008), en suelos agrícolas de Jalisco (México) en donde se compararon diferentes usos del suelo, reportaron que al incrementar el manejo de los suelos, hay una disminución de los valores de variables de la estructura del suelo, como la porosidad interna de los agregados. La investigación sobre el crecimiento de las raíces en pastizales y suelos cultivados, fue más abundante que en los suelos con vegetación natural, debido a que este tipo de estudios se han enfocado mayoritariamente en la producción agrícola y en menor medida, a la conservación del recurso suelo.

En cuanto a los niveles de insumos aplicados no hubo diferencia significativas entre sí pero se refleja un mayor valor en cuanto al diámetro entre 0.1-0.5 mm en el tratamiento con Convencional Intensivo con un 17.18 de raíces finas, seguido del Orgánico Moderado con

13.5 raíces (Gráfico 9).

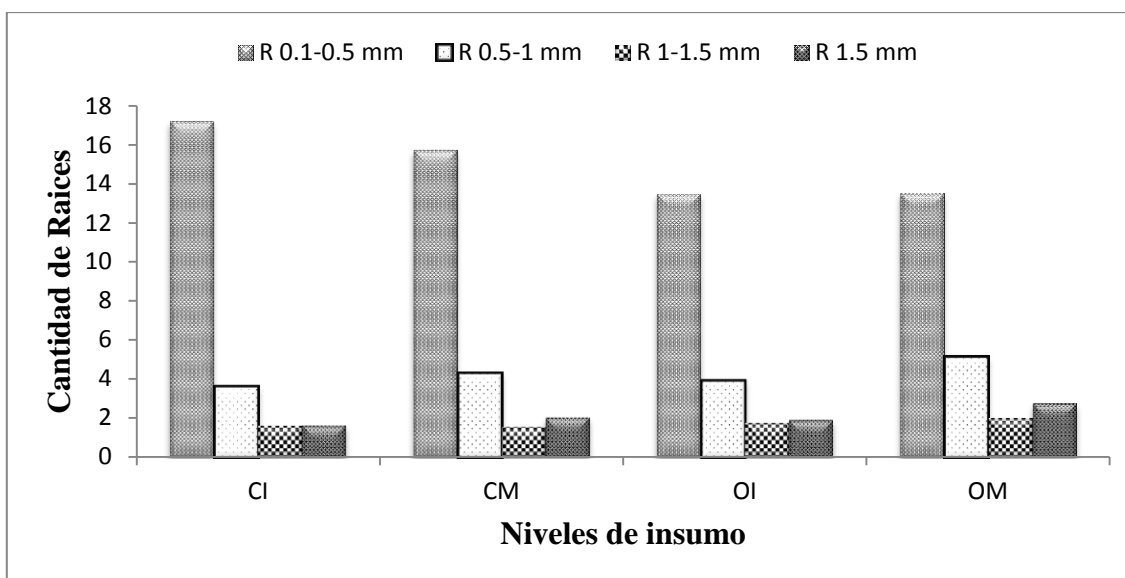


Gráfico 9. Comportamiento de abundancia de raíces en cada uno de los niveles de insumo.

Otro factor que afecta el desarrollo de las raíces y por consecuencia su relación con la formación de agregados del suelo es el manejo agronómico de los suelos arables. La aplicación de operaciones de labranza convencional (LC) conduce al decremento de parámetros físicos relacionados con la estructura del suelo (conductividad hidráulica, porosidad y resistencia a la penetración entre los más importantes) (Ramírez *et al.*, 2006), mientras que otros tipos de manejo agronómico como la aradura con cinceles, labranza mínima, siembra directa y la agricultura de conservación (cero labranza, incorporación de residuos vegetales y rotación de cultivos) mejoran considerablemente el desarrollo de los sistemas radicales, incrementando el valor de los parámetros relacionados con la estructura y agregación del suelo (Shaxson y Barber, 2003).

4.1.4 Efecto del comportamiento de la abundancia de poros en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.

El hecho de evaluar la porosidad del suelo en función del tiempo permite tener criterios acerca de la estabilidad de los agregados ya que si la porosidad disminuye con el tiempo, resulta que hay alteración de la estructura del suelo, si la variación de la porosidad es poca,

muestra que no hay alteración notable de la estructura y esta se mantiene a pesar de las inclemencias climáticas, el laboreo del suelo y la agrotecnia del cultivo, etc (Cairo Pedro, 1995).

En cuanto a la abundancia de poros el análisis reflejo diferencias significativas en los poros de diámetros finos (0.1-0.5 mm) donde el tratamiento que mayor cantidad de poros tuvo fue SGIL+MC con 11 y el que menor tuvo fue SSIL+OI 1 poro fino (Gráfico 10).

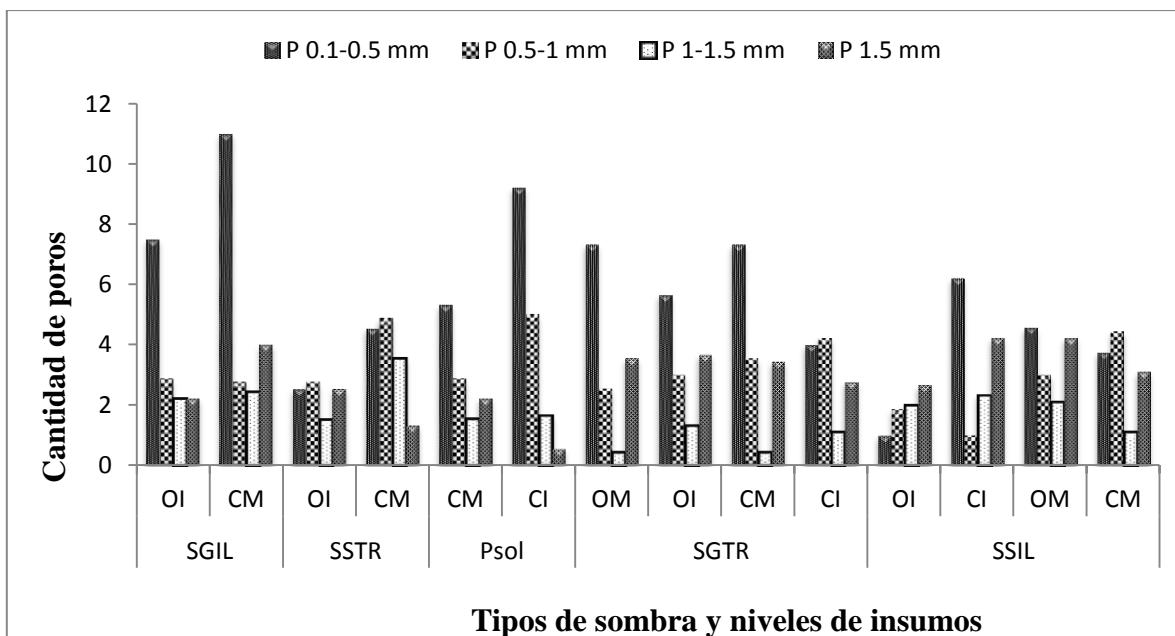


Gráfico 10. Efecto de la interacción de diferentes combinaciones de sombra y niveles de insumo sobre la abundancia de poros.

Según los resultados de la abundancia de poros en las combinaciones de sombra no hay diferencias significativas entre sí pero se reflejan diferencias cuantitativas en la abundancia de poros en la parcela a pleno sol (Gráfico 11).

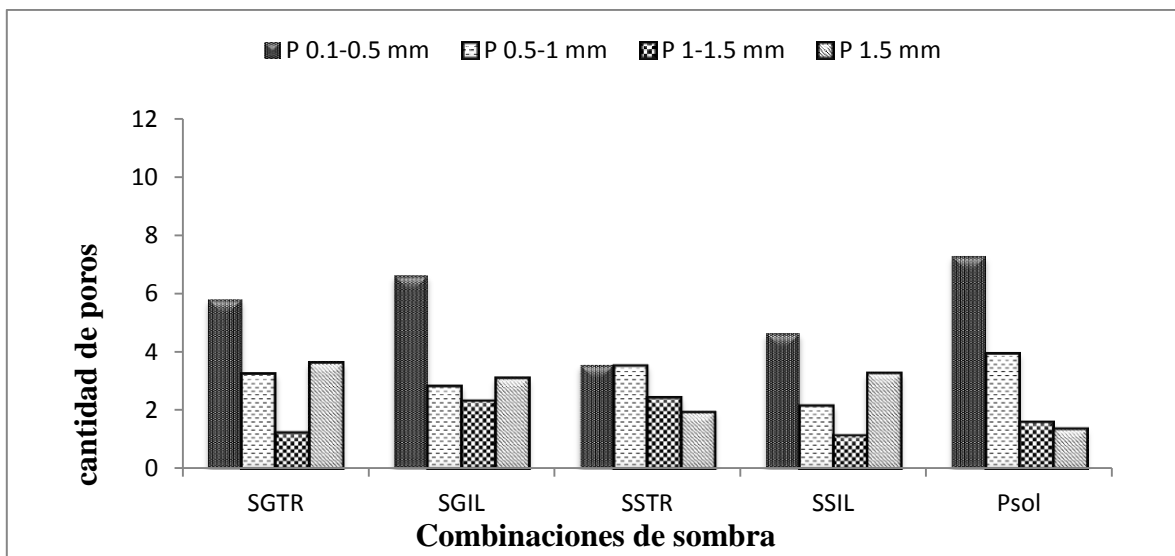


Gráfico 11. Efecto de diferentes combinaciones de sombra sobre la abundancia de poros.

En niveles de insumos no se encontró diferencias significativa en abundancia de poros, pero si cabe resaltar que hay diferencias cuantitativas en abundancia de poros en el insumos orgánico moderado con 3.2 poros grandes mayores de 1.5 mm obteniendo la menor cantidad de 4.16 poros finos de (0.1-0.5 mm) (Gráfico 12).

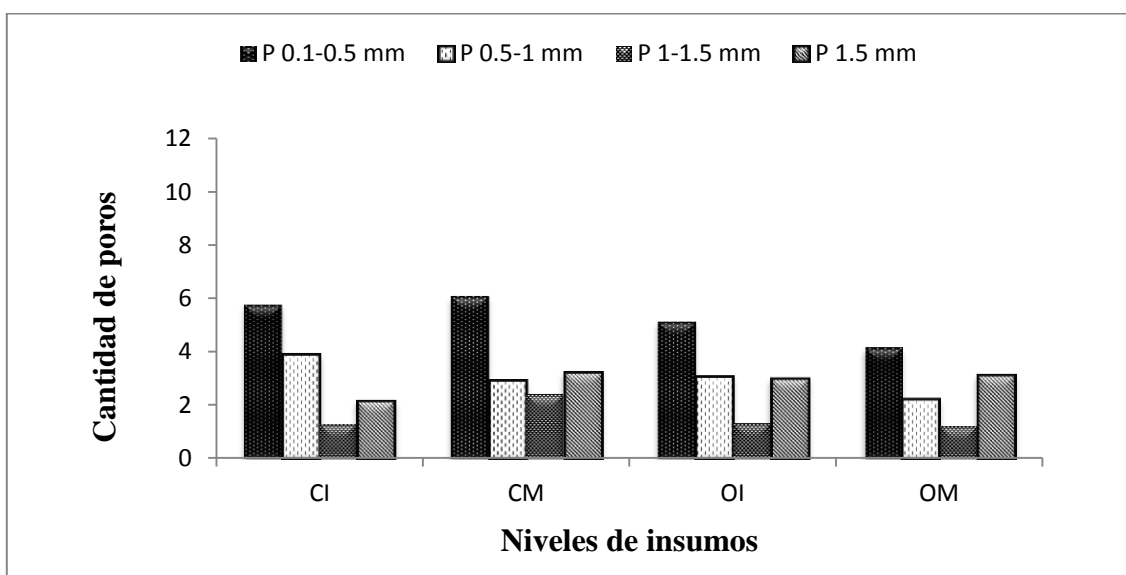


Gráfico 12. Comportamiento de la abundancia de poros bajo los diferentes manejos de insumos.

4.2 Respuesta de la interacción de diferentes variables físicas y la materia orgánica a través de una regresión lineal.

Según el análisis de regresión lineal (Cuadro 3) muestra que las variables que se relacionan o tienen un nivel de significancia entre ellas son: Materia orgánica con estabilidad de los agregados a los tres y cinco minutos con una probabilidad estadística de 0.0055 y 0.0223 respectivamente, también se relacionó con turbidez del agua con una probabilidad estadística de 0.0334, esto implica que a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica hay una mayor dispersión de partículas produciendo una mayor turbidez del agua.

Otra variable que mostro diferencias significativas fue la relación entre textura del suelo en su componente porcentual de arena con turbidez del agua, obteniendo una probabilidad de 0.0449; mientras todas las variables dependientes relacionadas con los diferentes diámetros de poros encontrados en el suelo no mostraron diferencias significativas.

Cuadro 3. Regresión lineal de las variables evaluadas para ver el nivel de significancia entre ellas.

Variable	Materia orgánica del suelo	Diámetro de poros (mm)			
		0.1 – 0.5	0.5 - 1	1 – 1.5	>1.5
Estabilidad de agregados a los 3 min	11.68+5.65X 0.0055	71.31-1.21X 0.1950	72.18-2.13X 0.1880	64.86+0.11X 0.9567	70.36-1.84X 0.2175
Estabilidad de agregados a los 5 min	3.84+5.71X 0.0223	68.83-2.16X 0.0531	63.49-1.72X 0.3797	62.55-2.50X 0.3177	64.15-2.23X 0.2150
Turbidez del agua	2.59+1.001X 0.0334	13.61-0.30X 0.1496	13.03-0.29X 0.4211	13.52-0.76X 0.0991	14.31-0.79X 0.0163
Textura del suelo	% Arena	% Arcilla	% Limo Fino	% Limo grueso	
Turbidez del agua	6.30+0.3422X 0.0449	12.80- 0.253X 0.0945	9.46+ 0.0336X 0.7182	12.46- 0.447X 0.6594	
	Turbidez del suelo gr/ml				
Trasmitancia	0.00712-0.00005557X 0.0055				

4.2.1 Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo a los tres minutos en función de la materia orgánica.

Para conocer la intensidad de la relación entre las variables estabilidad estructural y materia orgánica, aplicamos un análisis de correlación de Pearson la cual mostró que ambas variables están correlacionadas de forma positiva lo que indica una dependencia, de manera que al aumentar una aumenta la otra. En este caso al aumentar la MOS aumenta la estabilidad estructural a los tres minutos.

Según Lado *et al* (2004), la materia orgánica del suelo (MOS) es un factor estabilizador de la estructura del suelo, ayuda a mantener las partículas minerales unidas frente a las fuerzas desestabilizadoras como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia.

Las partículas elementales del suelo (arcilla, limo y arena) están unidas principalmente por la materia orgánica para formar agregados. La materia orgánica y otros agentes de unión estabilizan el arreglo que existe entre los espacios porosos y las partículas sólidas (Tisdal y Oades, 1982).

4.2.2 Comportamiento de la estabilidad estructural de suelo a los cinco minutos en función de la materia orgánica.

Según el análisis de regresión indica que el incremento de la materia orgánica; también aumenta la estabilidad estructural del suelo al estar expuesto los agregados a los cinco minutos, porque la materia orgánica del suelo (MOS) es un factor elemental en la formación de agregado pero hay que reflejar que la estabilidad disminuye un poco en cuanto a la exposición a los cinco minutos porque está expuesta a más tiempo sumergida en agua.

En general, la MOS promueve la estabilidad de los agregados porque reduce el hinchamiento del agregado, disminuye la permeabilidad del agregado, reduce las fuerzas destructivas del fenómeno de estallido y aumenta la fuerza intrínseca de los agregados (Fortun, C y A. Fortun, 1989).

Los compuestos de la MOS enlazan física y químicamente las partículas primarias en los agregados (Lado *et al.*, 2004). La cantidad y distribución de los agregados estables e

inestables en el suelo tienen una asociación estrecha con la dinámica de la MOS y la calidad del suelo. Por ello, los problemas de erosión de un suelo se evalúan estudiando los agregados estables (Márquez *et al.*, 2004). Además, los principales factores que afectan la estabilidad de los agregados están asociados con la distribución del tamaño de partículas y a los niveles de materiales cementantes (Pagliai, 2003).

4.2.3 Relación entre la turbidez del agua y la materia orgánica.

La relación entre las variables como la turbidez del agua y materia orgánica, mostró que ambas variables están correlacionadas de forma positiva lo que indica una dependencia, de manera que al aumentar una aumenta la otra. En este caso al aumentar la MOS disminuye la turbidez del agua.

El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos. El tamaño de los granos del suelo, ordenamiento y contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso, influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos.

4.2.4. Relación entre la textura con respecto a la turbidez del agua.

Para conocer la intensidad de la relación entre la textura del suelo y turbidez del agua, el análisis de correlación de Pearson, mostró que ambas variables no están correlacionadas obteniendo un coeficiente de correlación de 0.0449.

Los suelos arenosos contienen un alto porcentaje de arena (partículas 0.05 a 2 mm de diámetros) estas partículas gruesas se agregan poco y dejan poros grandes (macro poros) por donde circulan fácilmente el aire y el agua. Además, las partículas de arena no pueden retener nutrientes. En consecuencia los suelos arenosos tienen buen drenaje y buena aireación, pero tiene baja capacidad de retener nutrientes debido a que al alto potencial de pérdidas por percolación (lixiviación) son suelos de baja fertilidad y de bajo contenido de materia orgánica (Nina S. d., 2010).

4.2.5. Relación entre la estabilidad estructural de suelo con respecto a la turbidez del agua

La interacción de ambas variables, los resultados indican que a medida que aumenta la estabilidad estructural del suelo, la respuesta es una disminución de la turbidez del agua, porque va haber menos partículas dispersas en el suelo

Según CATIE, 2005 manifiesto que la falta de cobertura vegetal aumenta la escorrentía superficial, agrava el efecto de la lluvia sobre el suelo, haciendo que se aumente la escorrentía superficial, que se rompan los agregados del suelo y que con mayor facilidad las aguas las transporten. Esto evidencia que el estado del suelo y de la vegetación eleva la tasa de sedimentos arrastrados.

4.2.6 Relación entre la turbidez del agua sobre la Transmitancia.

El coeficiente de correlación obtenido de los datos de las variables turbidez del agua relacionada con la Transmitancia indica una acción inversa dado que en la medida que aumenta la turbidez del agua, el paso de luz medido por Transmitancia es menor. Demostrándose una mayor cantidad de partículas en suspensión en el agua.

V.- CONCLUSIONES

- La estabilidad estructural de suelo mostró diferencias significativas a los cinco minutos de exposición siendo el tratamiento que mayor estabilidad tuvo fue *Samanea saman* + *Inga laurina* más el uso de orgánico intensivo contribuyen a mejorar la estabilidad con un 86.22 % de resistencia de los agregados y el menor fue el asocio *Samanea saman* + *Inga laurina* (Genízaro y Guabillo) con moderado convencional hasta un 16.66 % de resistencia.
- El uso de insumo Orgánico intensivo mostró el valor más alto de estabilidad hasta un 73.95 % de resistencia de los agregados seguido por Moderado Orgánico, Intensivo Convencional y Moderado Convencional. Por tanto tiende a reducir los problemas erosivos del suelo y ayuda a mejorar el flujo de aire, agua y nutrientes para un mejor desarrollo del cultivo.
- La Turbidez del agua mostro diferencias significativas en el asocio SSIL+ CI con un 0.00224 g/ml de partículas en suspensión y el menor fue el SGTR+MC con 0.0018 g/ml de partículas dispersa. El uso de las combinaciones de sombra e insumos tienden a mejorar problemas erosivos del suelo mejora la calidad del agua al tener menor concentración de sedimentos en suspensión obteniendo un ambiente más estable y saludable.
- En cuanto la abundancia de poros y raíces solo hubo diferencias significativas para poros en diámetros finos (0.5 – 1 mm) pero se reflejan diferencias cuantitativas en raíces finas (0.5 – 1 mm) en la interacción de Psol +MC
- El análisis de regresión lineal indica que las variables estabilidad estructural, turbidez del agua y la textura del suelo es influenciada por el contenido de materia orgánica del suelo.

VI.-RECOMENDACIONES

- ✓ Profundizar el estudio sobre los factores del suelo como; materia orgánica, textura y humedad del suelo que afectan la formación de agregados del suelo.
- ✓ Continuar con el proceso de evaluación sistemática en el ensayo agroforestal con café para poder determinar tendencias con mayor claridad y analizar otros indicadores relacionados con la flora, fauna del suelo y sus propiedades químicas.
- ✓ Establecer estudios de estabilidad estructural como indicador importante en la resistencia del suelo a los riesgos de erosión en suelos de ladera dedicado a la agricultura u otras actividades pecuarias que ponen en riesgo el ambiente.

VII.-BIBLIOGRAFIA CITADA

- Altamirano, 2005.** Biomasa y nutrientes de mantillo en diferentes sistema de producción de café (*coffe arabica L.*) en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya, Nicaragua. Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 46 p.
- Angers, D. A. and J. Caron. 1998.** Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry* 42: 55-72.
- Baver, et al. (1991):** Física de suelos. Ed. Limusa. México.
- Blanco, et al (2002).** Crecimiento y desarrollo del café (*Coffea arabica L*) en diferentes ambientes. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 15 p.
- Cairo Pedro, F. O. (1995).** Edafología. Playa,Ciudad de la Habana: ave. 3ra .A No.4605, entre 46 y 60.
- Cardoza, MF. 2007.** Evaluación del rendimiento del grano de café (*Coffea arabica L*) bajo la influencia de diferentes manejos agroforestales en Masatepe, Nicaragua. Tesis Ing. Managua. NI. UNA. 51 p.
- CATIE** (Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, CR)- **INTA** (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria NI)-**UNICAFE** (Unión Nicaragüense de Cafetaleros NI), 2010.sostenibilidad y sinergismo en café agroforestal: Un estudio de las interacciones entre el café, las plagas, la fertilidad del suelo y los árboles. Jardín Botánico, Masatepe-Masaya.pp 35.
- CATIE (2005)** (Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, CR) Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.
- Cordero J. Boshier, H. 2003.** Árboles de Centro América .Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) .Turrialba CR. Pp. 219-922.
- Chavarría, ER; Hernández, JC. 2007.** Biomasa y nutrientes de árboles de sombra temporal y permanentes en sistemas agroforestales con *coffe arabica L* de 5 años en el pacifico de Nicaragua. Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 58 p.

- ELLIOT, E.T. 1986.** Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Am. J.* 50:627-633.
- Escobar, MM. 2008.** Población de nematodos y parásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (ciclo 2006-2007). Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 59 p.
- Fortun, C., y A. Fortun. 1989.** Diversos aspectos sobre el papel de la materia orgánica humificada en la formación y estabilización de los agregados del suelo. *Edafol. Agrobiol.* 48: 185-204.
- Gómez, A. 2012.** Caracterización con marcadores moleculares RAMS (Random Amplified Microsatellites) de algunas especies del género *erythrina* presentes en Colombia. Tesis Maestría. Santafé de Bogotá, CO. UNAL. 133 p
- Kooistra 1991.** Structure and organic matter storage agricultural soils.
- Lado, M., A. Paz, and M. Ben-Hur. 2004.** Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 935
- Márquez, C. O., V. J. García, C. A. Cambardella, R. C. Schultz, and T. M. Isenhardt. 2004.** Aggregate size stability distribution and soil stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 725-735.
- Martínez-Trinidad, S, H. Cotler, J. D. Etchevers-Barra, V. M. Ordaz- Chaparro y F. De León-González. 2008.** Efecto del manejo en la agregación del suelo en un ecosistema tropical seco. *Terra Latino Americana.* 26: 299-307.
- Martínez, 1999.** Lombriz Humus y A bonos Orgánicos.
- Merino, A. 2003.** Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. (En línea). Lugo, ES. Consultado 8 mar. 2014. Disponible en: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/085-098-\(5602\)-Biomasa_1059569472359.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/085-098-(5602)-Biomasa_1059569472359.pdf)
- Montenegro G., H. 1991.** Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo (Textura Estructura, Densidad, Aireación, etc.) En: Seminario-Taller “Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego”. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo Bogotá D.E .Colombia.

- Montealegre M. 1954.** Cafetales a pleno sol versus cafetales a la sombra Tico Turrialba .CR 7:263-275.
- Nina, S. d. (2010).** Guia para diseñar programas de efectivos de fertilizacion.Panama.
- Ongley, E. 1997.**Lucha contra la contaminación de los recursos hídricos. Estudios de la FAO de riego y drenaje Roma, Italia FAO ,116 P
- Pagliai, M. 2003.** Soil surface sealing and crusting-soil compaction. In: College on Soil Physics. International Centre for Theoretical Physics. Trieste, Italy. 24 p.
- PORTA, J. et al. (1999):** Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. 2ª edic
- Shaxson, F. and R. Barber. 2003.** Optimizing soil moisture for plant production. The significance of soil porosity. FAO Soils Bulletin 79. Rome, Italy
- Rodríguez, O., & Reyes J. (2014).** Produccion de materia seca y acumulacion de nutrientes en el mantillo por la combinacion de arboles de sombra y niveles de insumos en el cultivo del café (Coffea arabica L.) Masatepe, Nicaragua.
- TISDAL, J.M. and OADES, J.M. 1982.** Organic matter and water stable aggregates in soils. Journal of Soil Science 33: 141-163.ión. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- USDA. (1996).** *soil survey laboratory methods Manual*. Washington: Version 3.
- Vidal et al. 1981.** Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. Agricultura Técnica 41(2):83-88.
- Velásquez, SE; González, JI. 2012.** Crecimiento de los árboles de sombra y su contribución a una producción agroecológica en sistemas cafetaleros del departamento de Masaya-Nicaragua. Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 73 p.
- Vindell, HE; Pantoja, CJ. 2004.** Dinámica de crecimiento y fenología de especies arbórea como sombra en cafetales en el municipio de Masatepe, Masaya (2002-2003). Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 7.
- Walkley, A. and Black, I, A .1946.**An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.

VIII.-ANEXOS

Anexo 1.-Manejo de la fertilización y plagas del ensayo agroforestales con café.

Fertilización química y orgánica del ensayo sistema agroforestal con café. Masatepe, Nicaragua

Orgánico Moderado (OM)	Orgánico Intensivo (OI)	Convencional Moderado (CM)	Convencional Intensivo (CI)
Pulpa de café 2.2 (kg/planta)	Pulpa de café 2.2 kg/planta*, mas Compost 1.8 (kg/planta)*	*NPK 0.079 kg/planta	*NPK 0.158 kg/planta fraccionadas en tres aplicaciones
Fertilización foliar			
Sin aplicación	Biopreparado 1aplicacion por mes	2 aplicaciones por año 1.5 ml Boro l/ agua +1.25ml zinc l/ agua	4 aplicaciones por año 1.5 ml Boro l/ agua + 1.25ml zinc l/ agua

*Suma de tres aplicaciones. La pulpa de café que se aplica en los tratamientos orgánicos es pulpa fresca

Anexo 2.-Manejo de plagas, en el ensayo sistemas agroforestales con café 2000-2012 Masatepe, Nicaragua.

Orgánico Moderado (OM)	Orgánico Intensivo (OI)	Convencional Moderado (CM)	Convencional Intensivo (CI)
Ninguna aplicación	1 Aplicación preventiva caldo sulfocálcico Junio 50 cc/l segunda aplicación de sulfocálcico *** según incidencia	1 Aplicación preventiva de cobre (mayo-junio) 2.5 g /l Aplicación Hexaconazol** 3 cc/l	1 Aplicación preventiva de cobre 2.5 g/l (mayo-junio) Aplicación de Hexaconazol* 3 cc/l
Manejo de broca			
Uso de trampas (marzo-agosto) Pepena-repela (marzo)	uso de trampas (marzo-agosto)/Uso de Beauveria Pepena – repela (marzo)	Uso de trampas (marzo – agosto) Pepena-repela (marzo)	Uso de trampas (marzo – agosto) Pepena-repela (marzo)

*CI criterio de aplicación 5% de incidencia, **CM criterio de aplicación 10 % de incidencia *** OI criterio de aplicación 10 % de incidencia

Anexo 3.-Manejo de las malezas de acuerdo al tratamiento en estudio 2000-2014 Masatepe, Nicaragua.

Manejos	Insumos Orgánicos		Insumos Convencionales	
	Moderado	Intensivo	Moderado	Intensivo
Aplicación de herbicidas			Una aplicación de glifosato 2 l/ha ⁻¹ , dirigida a zacates y hoja ancha, después de la segunda chapia	Dos aplicaciones de Flex 1 l/ ha ⁻¹ + glifosato 1 l/ha ⁻¹ de manera total, 15-20 días después de la primera o segunda chapia
Chapias	De 2 a 4 chapias con machete	De 2 a 4 chapias con machete	De 2 a 3 chapias con machete	De 3 a 4 chapias con machete

Anexo 4.-Resultado de la interacción de los factores con respecto a la estabilidad estructural del suelo a tres y cinco minutos.

Tipsom	Insum	Agreg3	Agreg5
SGIL	OI	76.38	61.11 abc
SGIL	MC	50	34.72 de
SSTR	OI	75	66.66 abc
SSTR	MC	83.33	72.22 abc
Psol	MC	62.5	66.66 abc
Psol	IC	54.16	41.66 cde
SGTR	MO	73.61	56.94 abc
SGTR	OI	83.33	76.38 ab
SSIL	OI	87.24	86.11 a
SSIL	IC	56.94	56.94 abc
SSIL	MO	58.33	51.39 bcd
SSIL	MC	37.5	16.66 e
SGTR	MC	70.83	66.66 abc
SGTR	IC	68.05	55.55 abc
Prob F		0.1621	0.0017

Anexo 5.-Resultado del factor A (combinaciones de sombra) con respecto a la estabilidad estructural de suelo.

Tipsom	Agreg3	Agreg5
SGTR	79.1	63.68
SGIL	63.19	50.59
SSTR	79.16	69.44
SSIL	57.63	52.77
Psol	58.33	51.38
Prob F	0.459	0.3243

Anexo 6.-Resultado del factor B (niveles de insumos) con respecto a la estabilidad estructural.

Insum	Agreg3	Agreg5
IC	59.72	51.38 b
MC	59.44	50.27 b
OI	75.69	73.95 a
MO	65.97	54.16 b
Prob F	0.0895	0.0019

Anexo 7.-Efecto del comportamiento de la turbidez del agua en el cultivo del café bajo diferentes sistemas agroforestales.

Tipsom	Insum	Agregados%	Desagregado%	Turbidez gr/ml
SGIL	OI	89.286	10.713 cd	0.00215
SGIL	MC	88.711	11.288 cd	0.00217
SSTR	OI	87.402	12.596 abc	0.00245
SSTR	MC	91.957	8.043 d	0.0018
Psol	MC	89.298	10.701 cd	0.00216
Psol	IC	85.596	13.404 abc	0.00275
SGTR	MO	87.691	12.309 abcd	0.00205
SGTR	OI	89.745	10.254 cd	0.0017
SSIL	OI	86.05	13.95 abc	0.0024
SSIL	IC	83.86	16.14 a	0.00224
SSIL	MO	88.629	11.37 cd	0.00213
SSIL	MC	84.113	15.886 ab	0.00266
SGTR	MC	88.135	11.864 bcd	0.0025
SGTR	IC	89.904	10.096 cd	0.00192
Prob F.			0.0098	

Anexo 8.-Efecto de la turbidez sobre el factor A combinaciones de sombra.

Tipson	Agregados	Desagregado	Turbidez gr/ml
SGTR	88.869	11.131	0.00207
SGIL	88.999	11.001	0.00216
SSTR	89.679	10.321	0.00214
SSIL	85.666	14.334	0.00238
Psol	87.947	12.053	0.00246
Prob F.	0.4844		0.6839

Anexo 9.-Resultados de la Turbidez sobre el factor B (niveles de insumo).

Insum	Agregados	Turbidez gr/ml
IC	87.518	0.00231
MC	88.443	0.00228
OI	87.575	0.00221
MO	88.16	0.00209
Prob F.	0.4456	0.8996

Anexo 10.-Comportamiento de la abundancia de raíces bajo diferentes manejos agroforestales.

Tipson	Insum	R 0.1-0.5 mm	R 0.5-1 mm	R 1-1.5 mm	R 1.5 >mm
SGIL	OI	12.77	2.44	3.44	2.44
SGIL	MC	12.66	5	0.66	2.55
SSTR	OI	9.11	4.55	0.77	1.22
SSTR	MC	14.88	5.33	2.44	2
Psol	MC	21.88	3.66	1	0.88
Psol	IC	17.33	4	1.66	0.77
SGTR	MO	14.55	5.44	1.77	1.77
SGTR	OI	16.44	4.22	0.77	1.33
SSIL	OI	15.55	4.44	1.88	2.55
SSIL	IC	16.66	2	1.11	3.33
SSIL	MO	12.44	4.77	2.11	3.66
SSIL	MC	11	3.97	2.44	2
SGTR	MC	18.11	3.66	1	2.66
SGTR	IC	17.55	4.88	2	0.77
Prob F.		0.4037	0.8107	0.2216	0.0739

Anexo 11.-Comportamiento de la abundancia de raíces bajo el factor A (combinaciones de sombra).

Tipsom	R0.1-0.5 mm	R0.5-1 mm	R1-1.5 mm	R1.5> mm
SGTR	16.6	4.55	1.38	1.63
SGIL	12.72	3.72	2.05	2.5
SSTR	12	4.94	1.61	1.61
SSIL	13.91	3.75	1.88	2.88
Psol	19.61	3.83	1.33	0.88
Prob F.	0.6388	0.9322	0.6427	0.0318

Anexo 12.-Comportamiento de abundancia de raíces bajo el factor B (niveles de insumo).

Insum	R0.1-0.5 mm	R0.5-1 mm	R1-1.5 mm	R1.5< mm
IC	17.18	3.62	1.59	1.62
MC	15.71	4.28	1.51	2.02
OI	13.47	3.91	1.72	1.88
MO	13.5	5.11	1.94	2.72
Prob F.	0.6449	0.7327	0.9343	0.313

Anexo 13.- Efecto de la abundancia de poros bajo la interacción de diferentes combinaciones de sombra y niveles de insumo.

Tipsom	Insum	P0.1-0.5 mm	P0.5-1 mm	P1-1.5 mm	P1.5< mm
SGIL	OI	7.5 abc	2.88	2.22	2.22
SGIL	MC	11 a	2.77	2.44	4
SSTR	OI	2.55 cd	2.77	1.53	2.55
SSTR	MC	4.55 bcd	4.88	3.55	1.33
Psol	MC	5.33 bcd	2.88	1.55	2.22
Psol	IC	9.22 ab	5	1.66	0.55
SGTR	MO	7.33 abc	2.55	0.44	3.55
SGTR	OI	5.66 bcd	3	1.33	3.66
SSIL	OI	7.33 abc	3.55	0.44	3.44
SSIL	IC	4 cd	4.22	1.11	2.77
SSIL	MO	1 d	1.88	2	2.66
SSIL	MC	6.22 abc	1	2.33	4.22
SGTR	MC	4.58 bcd	3	2.11	4.22
SGTR	IC	3.75 cd	4.44	1.11	3.11
Prob F.		0.0064	0.3258	0.7472	0.8311

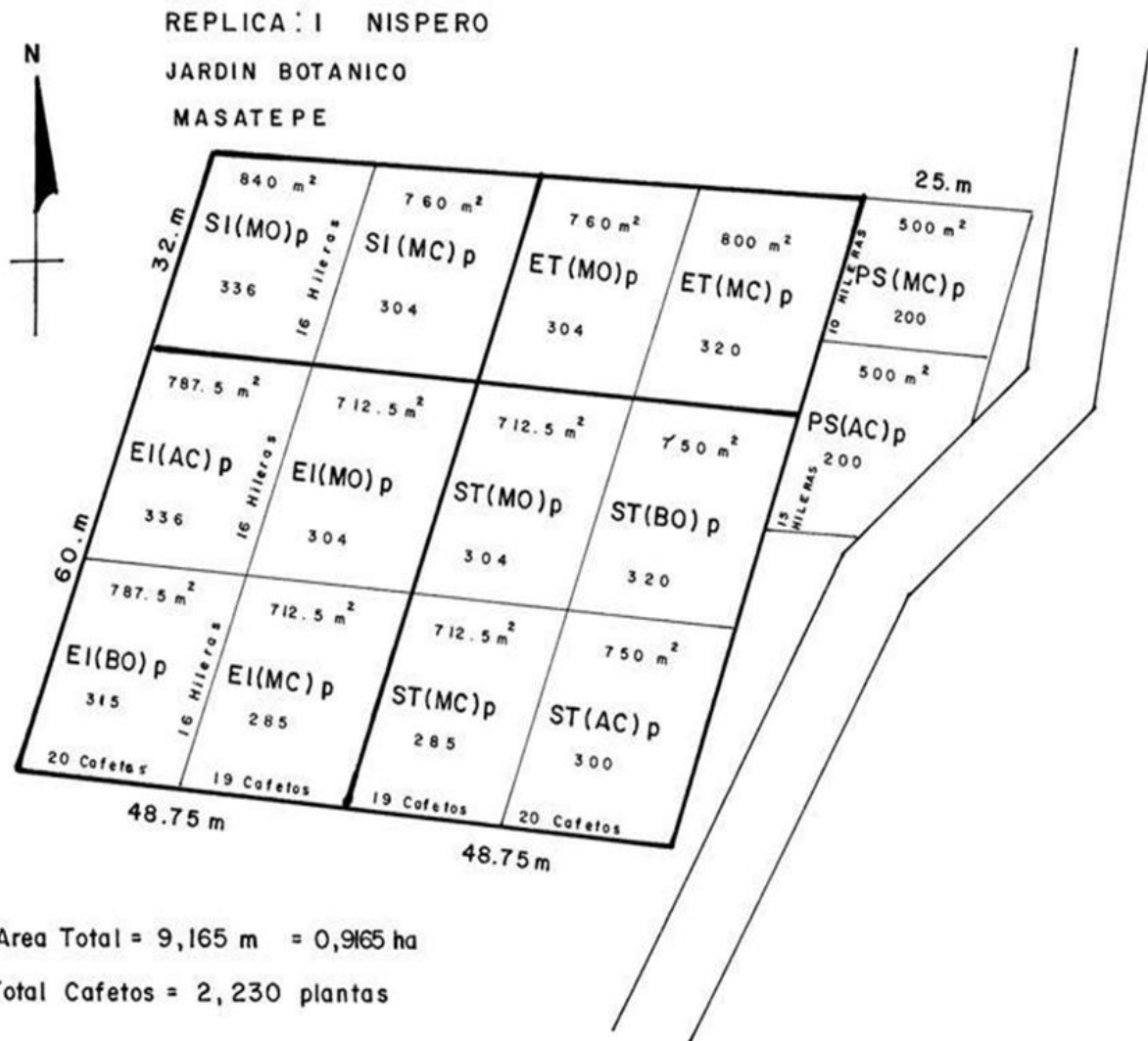
Anexo 14.-Efecto de abundancia de poros bajo diferentes combinaciones de sombra.

Tipsom	P0.1-0.5 mm	P0.5-1 mm	P1-1.5 mm	P1.5 <mm
SGTR	5.8	3.25	1.25	3.63
SGIL	6.61	2.83	2.33	3.11
SSTR	3.55	3.53	2.44	1.94
SSIL	4.63	2.16	1.147	3.27
Psol	7.27	3.94	1.61	1.38
Prob F.	0.5027	0.1958	0.5723	0.071

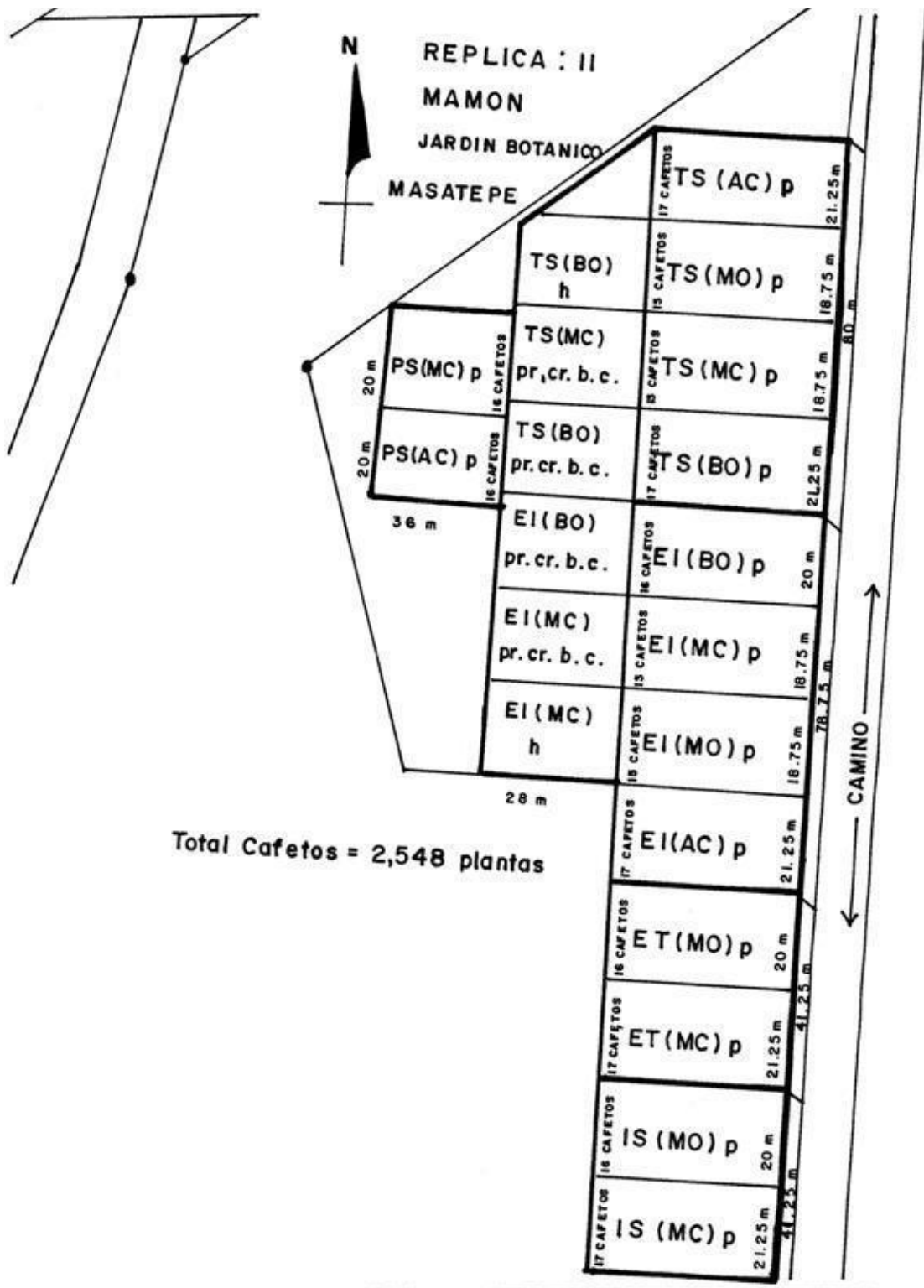
Anexo 15.-Efecto de la abundancia de poros bajo diferentes manejos de insumos.

Insum	P0.1-0.5 mm	P0.5-1 mm	P1-1.5 mm	P1.5< mm
IC	5.77	3.88	1.29	2.14
MC	6.08	2.91	2.4	3.11
OI	5.13	3.05	1.33	2.97
MO	4.16	2.22	1.22	3.2
Prob F.	0.5569	0.4044	0.3222	0.3275

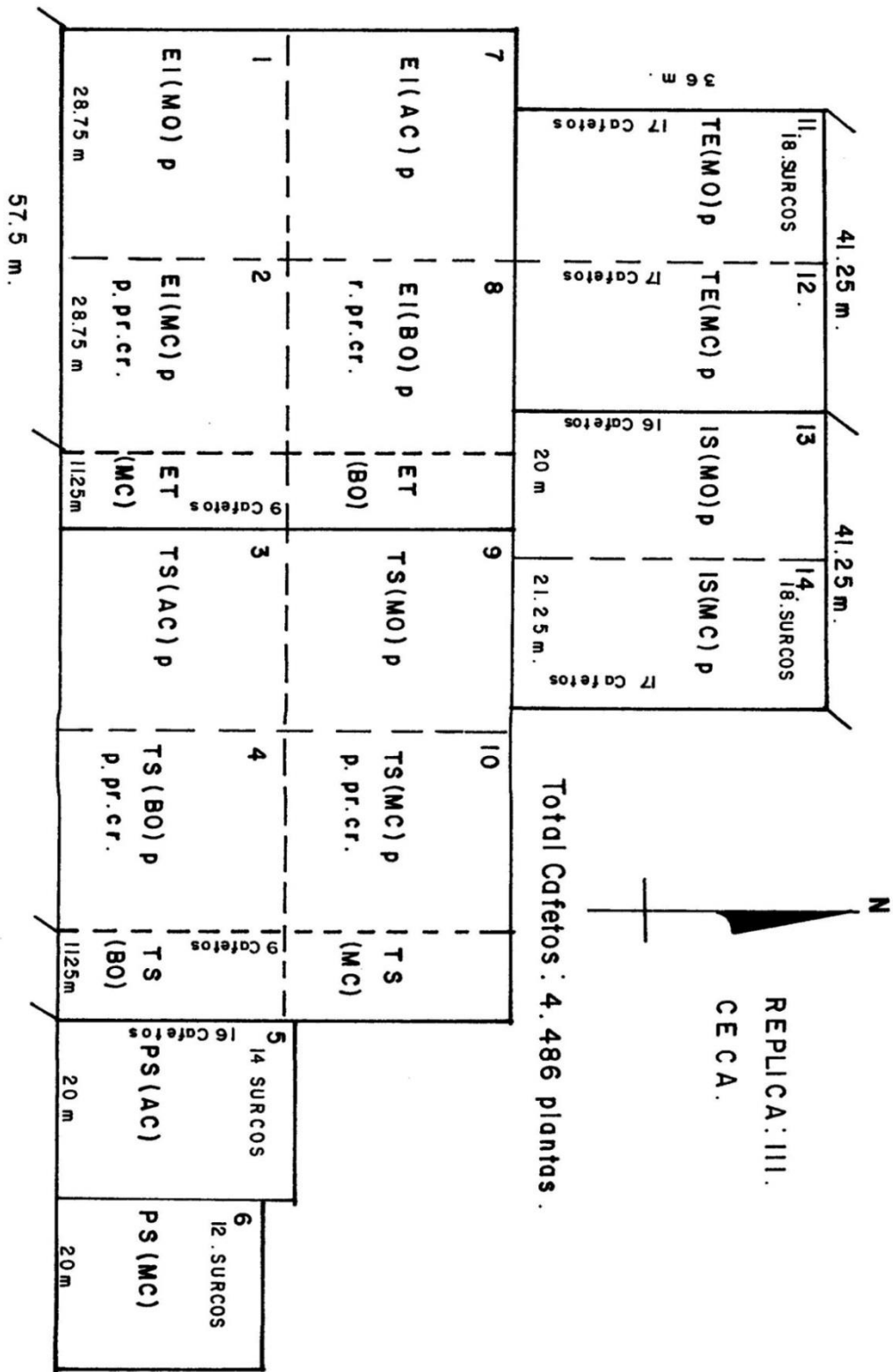
Anexo 16.-Ensayo experimental. Réplica 1 Níspero, Jardín botánico, Masatepe.



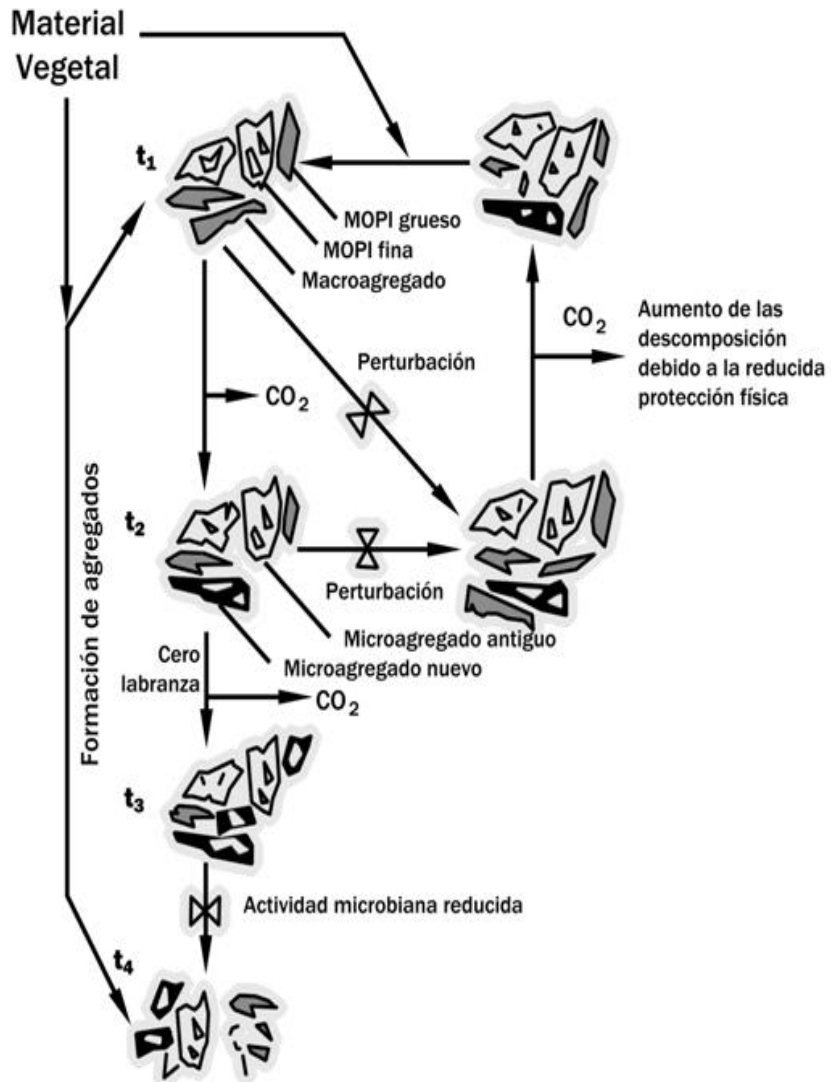
Anexo 17.- Ensayo experimental. Réplica 2, El Mamón, Jardín botánico, Masatepe.



Anexo 18.- Ensayo experimental. Réplica 3 Campos Azules, Masatepe.



Anexo 19.- Ciclo de vida de un macro agregado. Se demuestra la formación de Micro agregado al interior de macro agregados. Adaptado de Six *et al.* (2000).



Anexo 20.-Etapa de campo.



Anexo 21.- Fase de laboratorio

