

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía**



**“Por un Desarrollo Agrario,
Integral y Sostenible”**

Trabajo de Graduación

**Crecimiento y acumulación de nutrientes por los
frutos de café (*Coffea arabica* L.) variedad pacas
bajo combinaciones de especies de árboles de
sombra y diferentes niveles de fertilización,
Masatepe, Nicaragua, 2012**

Autores:

**Br. Adán Hussein Chavarría Rivera
Br. Nadia Ninoska Calderón Guido**

Asesores:

**Dr. Víctor Aguilar Bustamante
Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández**

Managua, Nicaragua– 2014

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía**



**“Por un Desarrollo Agrario,
Integral y Sostenible”**

Trabajo de Graduación

**Crecimiento y acumulación de nutrientes por los
frutos de café (*Coffea arabica* L.) variedad pacas
bajo combinaciones de especies de árboles de
sombra y diferentes niveles de fertilización,
Masatepe, Nicaragua, 2012**

Autores:

Br. Adán Hussein Chavarría Rivera
Br. Nadia Ninoska Calderón Guido

Asesores:

Dr. Víctor Aguilar Bustamante
Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández

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

Managua, Nicaragua – 2014

DEDICATORIA

A **Dios Nuestro Señor** a quien principalmente dedicamos el gran logro de culminar nuestra carrera profesional. Coronar nuestra profesión ha sido una de las grandes bendiciones que nos ha sido regalada. A lo largo de toda esta trayectoria, él ha estado presente, en cada uno de los momentos, en las alegrías fuiste Señor nuestro gozo, en las tristezas nuestro consuelo, en los momentos duros nuestro refugio y cuando recurrimos tantas veces a ti en nuestras oraciones personales no te negaste a escucharnos y a sentirnos amparados por ti.

*“Dios está presente tras cada puerta que abre la ciencia”
(Albert Einstein).*

A **Nuestros Padres** ha sido el sudor de sus frentes y sus noches de desvelo lo que nos han impulsado hasta este punto tan importante de nuestras vidas, nos han guiado por el sendero recto de la vida y han arraigado en nuestros corazones los valores morales y cristianos para afrontar metas y obstáculos.

A **Nuestras Familias** que también han sido un apoyo incondicional en todo momento, que nos han alentado siempre a seguir luchando.

Adán H. Chavarría Rivera & Nadia N. Calderón Guido

AGRADECIMIENTOS

A la UNA por brindarnos la oportunidad de ser profesionales, con agradecimiento especial a su cuerpo de docentes quienes de distintas maneras aportaron en nuestra formación.

Al Dr. Víctor Aguilar Bustamante quien nos permitió participar de este estudio, y al MSc. Rodolfo Munguía Hernández, gracias por su apoyo, por su tiempo y dedicación en el desarrollo de todo este trabajo.

Al Centro Nacional de Educación para Cooperativismo (CENECOOP) “Jardín Botánico” especialmente a su personal administrativo quienes nos acogieron y nos brindaron su apoyo para la realización de este estudio.

Al CATIE quien dispuso los recursos y medios necesarios para que este estudio se realizara.

Al CECA-INTA como aliado en el proceso de investigación.

Al personal del laboratorio de Fisiología vegetal de FAGRO quien nos facilitó el equipo para la preparación de muestras.

A la Facultad de Ciencia Animal (FACA), especialmente a su decano y al personal responsable del Laboratorio de Bromatología, quienes nos permitieron trabajar en sus instalaciones con plena disposición del equipo para la preparación de las muestras.

Un agradecimiento especial a todas aquellas personas que siempre han estado cerca de nosotros alentándonos y apoyándonos en diversas maneras.

A todos ustedes nuestros sinceros agradecimientos.

Adán H. Chavarría Rivera & Nadia N. Calderón Guido

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Ubicación del experimento	4
3.2 Diseño metodológico	4
3.3 Variables evaluadas	6
3.4 Análisis de datos	7
3.5 Manejo Agronómico	7
IV RESULTADOS Y DISCUSION	8
4.1 Estudio 1	8
4.1.1 Comportamiento del crecimiento de los frutos de café bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.	8
4.1.2 Comportamiento del crecimiento de los frutos de café bajo diferentes niveles de fertilización. Masatepe, Nicaragua.	9
4.1.3 Acumulación de peso seco en los frutos de café bajo el efecto de dos combinaciones de sombra y diferentes niveles de fertilización.	10
4.1.4 Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo el efecto de dos combinaciones de sombra.	11
4.1.5 Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo el efecto de cuatro niveles de fertilización.	13
4.1.6 Acumulación de nutrientes por los frutos de café bajo dos combinaciones de sombra.	15

Sección		Página
4.1.7	Acumulación de nutrientes por los frutos de café bajo cuatro niveles de fertilización.	17
4.2	Estudio 2	19
4.2.1	Comportamiento de las variables de crecimiento de los frutos de café, bajo el efecto de cuatro combinaciones de sombra y a plenos sol.	19
4.2.2	Acumulación de peso seco en los frutos de café en cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar.	20
4.2.3	Correlación entre el diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar.	21
4.2.4	Crecimiento exponencial del diámetro polar y diámetro ecuatorial bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar.	21
4.2.5	Comportamiento del peso seco de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol ajustado al modelo Probit.	22
4.2.6	Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol.	23
V	CONCLUSIONES	26
VI	RECOMENDACIONES	27
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	28
VIII	ANEXOS	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Estudio de la combinación de cuatro especies de sombra (Genízaro - Guaba) y (Roble - Acetuno) y cuatro niveles de insumos, CENECOOP, Masatepe	5
2.	Estudio de cuatro combinaciones de especies de sombra y café a pleno sol con el nivel de insumo Convencional Moderado	6

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Comportamiento del diámetro polar y ecuatorial de los frutos de café bajo dos combinaciones de sombra.	8
2.	Comportamiento del diámetro polar y ecuatorial de los frutos de café manejados bajo diferentes niveles de fertilización convencional y orgánica.	9
3.	Dinámica de aumento de peso de los frutos de café, en función del tiempo transcurrido en días después de la floración, para el ciclo 2012.	10
4.	Concentración de los nutrientes en los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.	12
5.	Concentración de nutrientes en los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo fertilización convencional y orgánica. Masatepe, Nicaragua.	14
6.	Curvas de acumulación de nutrientes por los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.	16
7.	Curvas de acumulación de nutrientes por los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo fertilización convencional y orgánica. Masatepe, Nicaragua.	18
8.	Comportamiento del diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol, desde la floración hasta la maduración.	19
9.	Curvas de acumulación de peso seco desde la floración hasta la maduración, bajo combinaciones de sombra y exposición a pleno sol, Masatepe, Nicaragua.	20
10.	Correlación entre el diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de café, Masatepe, Nicaragua.	21
11.	Crecimiento exponencial de los diámetros usando el método de regresión no lineal propuesto por Marquardt $Y=bo*(1-Exp^{-b1*X})$.	22
12.	Comportamiento del peso seco (g) de los frutos de café desde la Floración hasta la maduración según modelo probit $Y = a *probnorm(a + b*días)$	22
13.	Concentración de nutrientes en los frutos de café desde el día de floración hasta el momento de cosecha, bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol. Masatepe, Nicaragua.	24

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Cuadro 3. Estudio de cuatro combinaciones de sombra, café a pleno sol y cuatro niveles de insumos establecidos en la repetición El Níspero, CENECOOP, Masatepe, 2000	32
2.	Cuadro 4. Descripción de los niveles de fertilización convencional y orgánica	33
3.	Cuadro 5. Especies arbóreas establecidas en el ensayo	34
4.	Cuadro 6. Práctica de manejo de malezas en los diferentes tratamientos en estudio	35
5.	Cuadro 7. Prácticas de manejo de las principales plagas del café según el tratamiento en estudio	35
6.	Cuadro 8. Prácticas de manejo de las enfermedades en los diferentes tratamientos en estudio	36
7.	Cuadro 9. Análisis de los componentes químicos del suelo del ensayo de sistemas. Masatepe, Nicaragua.	37
8.	Cuadro 10. Análisis de los componentes químicos del suelo, para el estudio de dos combinaciones de sombra y cuatro niveles de fertilización. Ensayo 1.	37
9.	Cuadro 11. Análisis de los componentes químicos del suelo, en café bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar. Masatepe, Nicaragua.	38
10.	Figura 14. Precipitación Acumulada, Masatepe, 2012.	39

RESUMEN

De abril a diciembre de 2012, de un ensayo ya establecido se realizaron dos estudios en el cultivo de café variedad pacas, con el objetivo de determinar las curvas de crecimiento, peso seco y acumulación de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) por los frutos de café. El ensayo de sistemas fue establecido en el año 2000 en el Centro Nacional de Cooperativismo (CENECCOP), Masatepe, Nicaragua donde se establecieron cuatro parcelas grandes con combinación de árboles de sombra maderables y de servicio y una parcela a pleno sol. En las parcelas grandes se establecieron cuatro sub parcelas o niveles de fertilización orgánica (orgánico intensivo y orgánico moderado) y fertilización convencional (convencional intensivo y convencional moderado) para un total de 14 tratamientos. De este ensayo se seleccionaron para el primer experimento dos niveles de sombra (*Inga laurina* – *Samanea saman* y *Tabebuia rosea* – *Simaruba glauca*) cada parcela grande con los cuatro niveles de insumo. Para el segundo experimento se tomaron los cuatro niveles de sombra (*Inga laurina* y *Simaruba glauca*), (*Samanea saman* y *Tabebuia rosea*), (*Samanea saman* e *Inga laurina*), (*Tabebuia rosea* y *Simaruba glauca*) y una parcela a pleno sol. Las variables evaluadas en los frutos de café fueron diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso seco. Los frutos se secaron en el horno a 70 °C y posteriormente se utilizó el molino *Foss Tecator Cyclotec* para obtener una muestra fina. De la muestra molida de los frutos, en el laboratorio de suelo y Agua de la UNA se determinó las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg. Se realizó una correlación entre el diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos en ambos ensayos. Las curvas de crecimiento y peso se ajustaron a regresiones no lineales. El programa usado fue SAS vs 9.1. Los frutos de café con especies leguminosas y combinaciones de leguminosas y no leguminosas y la aplicación de fertilización OI y CM presentaron el mayor crecimiento, mayor peso seco y las más altas concentraciones de nutrientes. El mayor crecimiento de los frutos se da durante la formación, a los primeros 90 días y la mayor acumulación de nutrientes se da entre los 90 y 210 días. Los modelos utilizados para el ajuste de curvas fueron el No Lineal Exponencial y el modelo Probit normal.

Palabras claves: Café, Sombra, Fertilización, crecimiento y acumulación de nutrientes.

ABSTRACT

From April to December 2012, two studies were conducted in a coffee plantation where a pacas variety was used, in order to determine the growth curves, dry weight and nutrient accumulation (N, P, K, Ca and Mg) from coffee berries. The experiment was established in 2000 at the National Center for Cooperatives (CENECCOP) Masatepe, Nicaragua. This experiment consisted in four large plots with combination of shade trees and a fifth plot in an open sun was added. Each large plot was divided in four small plots consisted in organic fertilization (intensive and moderate) and conventional fertilization (intensive and moderate) for a total of 14 treatments. A split plot design was used. From this experiment two levels of shade (*Inga laurina*- *Samanea saman* and *Tabebuia rosea*-*Simaruba glauca*) were studied for the first experiment. For the second experiment four levels of shade trees (*Inga laurina* and *Simaruba glauca*), (*Samanea saman* and *Tabebuia rosea*), (*Samanea saman* and *Inga laurina*) and (*Tabebuia rosea* and *Simaruba glauca*) and a coffee plot under open sun were studied. The measured variables in the coffee berries were polar diameter, equatorial diameter and dry weight. The coffee berries were dried at 70 ° C (oven) and milled to obtain a thin sample (Foss Tecator Cyclotec mill). The thin sample was sent to UNA lab to measure N, P, K, Ca and Mg percentages. The data for both experiments were taken every 30 days. Figures were used to see the coffee berry growth and dry weight accumulation. The curves of growth and dry weight accumulation were adjusted using single non-linear regressions. The program used was statistical analysis system (SAS vs 9.1). The highest coffee berries, dry weight and the highest nutrient concentration were found in pure leguminous trees species and combinations of legumes and intensive organic, and conventional moderate fertilization. The highest coffee berry growth occurred during the first 90 days and the nutrient accumulation was from 90 to 210 days. The dry weight accumulation was low during the first three months and increased slowly later on. The dry weight accumulation curve was adjusted using a Nonlinear Exponential or normal Probit model.

Keywords: Coffee, shade, fertilization, growth and nutrient accumulation.

I.INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es un cultivo que ha generado ganancias a lo largo de la historia de Nicaragua como país agroexportador, además de cultivarse en un sistema agroforestal como preservación del medio ambiente, genera empleo a miles de trabajadores en las labores de campo y beneficiado húmedo y seco, así como a personal de empresas tostadoras de café y cafeterías. En términos de ingreso de divisas por exportaciones, en Nicaragua sigue siendo el principal motor, registrando al 31 de diciembre de 2012 más de 180,000 manzanas sembradas de café (126,468 ha) con una producción de 2,100,000 quintales para un rendimiento de 11.66 quintales por manzana (754.34 kg/ha). En este mismo año, Nicaragua logró superar los 500 millones de dólares americanos ayudado por el excelente precios del café (FUNICA, 2013).

En Nicaragua se destaca Jinotega, como el mayor productor de café oro con un 45%, Matagalpa con 34%, Las Segovias con 15% (zona norte), Boaco con 1.4% (zona central), Carazo con 2.8%, Managua 1.7%, y Chinandega con 0.1% de la producción nacional (zona del pacífico). En el pacífico, la mayor parte de los cafetales está en la zona llamada meseta de Carazo, que incluye parte de los departamentos de Masaya, Granada y Managua. Las plantaciones del pacífico se encuentran por debajo de los 600 msnm y la mejor zona con mejores condiciones es la denominada Triángulo de oro entre Diriamba, Jinotepe y San Marcos. Son suelos planos y profundos, temperatura de 26⁰C y precipitaciones de hasta 1400 mm (CATIE, 2000).

En la zona Pacífico, en el mes de abril de cada año se presentan lluvias erráticas conocidas como jocoteros o cabañuelas. Dichas lluvias, estimulan la floración temprana conocidas como floraciones locas. En la zona cafetalera de Carazo donde existe una época seca muy marcada de diciembre a abril de cada año, se espera que al inicio de las lluvias en mayo se presente una floración fuerte y uniforme. Carazo como una zona baja y seca no escapa de los efectos de estas precipitaciones donde se pudieron observar en el año 2012, siete floraciones, producto de las lluvias caídas durante los meses de marzo, abril y mayo.

A principios de año 2012, las siete floraciones ocurridas fueron producto de las lluvias caídas el 3, 18, y 21 de enero, el 9 de febrero, 9 de marzo, 21 de abril y 21 de mayo. Hasta mayo se habían registrado 170.8 mm. El 21 de abril se registraron 21 mm dando como producto la floración principal estimada en un 70% del ensayo de sistemas de café establecido en el CENECOOP (Centro Nacional de Educación para el Cooperativismo) anteriormente conocido como Jardín Botánico, por lo que esta floración y fructificación se utilizó para realizar los dos estudios que se presentan en esta tesis.

Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida. Permiten también conocer la calidad nutritiva, en cuanto a contenidos de nutrientes, de las partes de la planta de consumo, (Sancho, 1999).

Las curvas de absorción de los nutrientes por los frutos de café señala Aslander (1958) deben dar una buena indicación respecto a la época más apropiada de aplicar los

fertilizantes. Esta constituye una herramienta para estimar de manera directa las necesidades nutricionales de un cultivo, ya que definen las cantidades de nutrimentos necesarias y los momentos más adecuados de aplicación. Permiten conocer la dinámica de absorción de los diferentes nutrientes durante el ciclo del cultivo y su relación con las diferentes etapas fenológicas. Esta información es valiosa para diseñar estrategias de manejo de la nutrición del cultivo durante su crecimiento y desarrollo (Bertsch, 2005), que justifica cuantitativamente la validez de un programa de fertilización, (Bertsch y Ramírez 1997).

Las plantas con ciclo de crecimiento determinado pueden absorber grandes cantidades de nutrientes en épocas tempranas por lo que el fertilizante debe aplicarse de una sola vez, en cambio las plantas de crecimiento indeterminado el modelo de las curvas es diferente por lo que debe aplicarse en intervalos adecuados.

Cada variedad de una misma especie puede también presentar características particulares de comportamiento y producción que se pueden expresar en diferente capacidad de absorción de nutrientes. Para que los resultados de un estudio de absorción resulten extrapolables a otras situaciones es necesario que se conduzcan bajo condiciones nutricionales óptimas y con variedades definidas.

Cuando se conocen las cantidades totales de nutrientes requeridos por un cultivo y el programa de fertilización de rutina de ese cultivo en una finca específica, es posible observar si existen condiciones para mejorar la eficiencia del programa de fertilización y definir una dosis total de nutrientes más acertada.

La importancia de este estudio radica en conocer el momento en el que el fruto demanda mayor cantidad de nutrientes a través de la elaboración de curvas de crecimiento y acumulación de nutrientes, bajo diferentes combinaciones de árboles de sombra fijadores y no fijadores de nitrógeno y la aplicación de fertilizantes convencionales y orgánicos.

II. OBJETIVOS

General:

- Conocer el comportamiento de crecimiento y acumulación de nutrientes de los frutos de café bajo combinaciones de especies de árboles de sombra y aplicaciones de fertilizantes convencionales y orgánicos en la zona Pacifico sur de Nicaragua.

Específicos:

- Determinar la curva de crecimiento de los frutos de café en la zona del pacifico sur de Nicaragua.
- Conocer la dinámica del aumento de biomasa en términos de peso seco y la concentración de nutrientes en las diferentes etapas de desarrollo del fruto de café.
- Calcular las cantidades de nutrientes acumuladas en el fruto de café en sus diferentes etapas de desarrollo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

Este estudio fue realizado en el año 2012, en el experimento establecido en el año 2000 como ensayo de sistemas agroforestales con café. Se establecieron dos repeticiones (El Níspero y El Mamón) en el Centro experimental conocido como Jardín Botánico, ahora Centro Nacional de Enseñanza y Cooperativismo (CENECOOP) propiedad de CARUNA. En el año 2001 se estableció una tercera repetición en el Centro de Desarrollo Tecnológico Campos Azules CECA, INTA, Masatepe, Masaya, Nicaragua (Haggar *et al.*, 2003).

El centro está localizado a 11^o 54 latitud Norte y 86^o 09 Longitud oeste. Tiene una altitud de 455 msnm. La temperatura promedio anual es de 26°C. Es una zona baja y seca con suelos profundos, fértiles (Anexo 7). Con una precipitación promedio en los últimos 10 años de 1400 mm, La precipitación registrada en el año 2012 fue de 970.7 mm (Anexo 10).

3.2 Diseño metodológico

Descripción del ensayo general

El ensayo de sistemas fue establecido en bloques completos al azar (BCA) con arreglo de parcelas divididas. Se establecieron diferentes especies de sombra agregando una parcela grande con dos sub parcelas a pleno sol y cuatro niveles de insumo; no todas las parcelas grandes tienen los cuatro niveles de insumos. En total se establecieron 14 tratamientos (Anexo 1-2).

El tamaño de la parcela grande es de 48 m de ancho por 60 m de largo con un área de 2,880m² y el tamaño de la sub parcela es de 24 m de ancho por 30 m de largo para un área de 720 m². Los cafetos tienen un distanciamiento de 2 m entre surco y 1.25 m entre planta, para un total de 4000 plantas/ha, los árboles de sombra se establecieron a una distancia de 3.25 m por 4 m, para una densidad inicial de 666 árboles, la cual se ha reducido por efecto de raleo.

Descripción de la variedad de café Pacas

El café cultivar Pacas, es una variedad liberada en El Salvador, proviene de una mutación del café Bourbon. Es similar al Caturra de Brasil o al Villa Sarchi de Costa Rica ya que se desarrollaron en ecotipos diferentes, posee entre nudos cortos y follaje abundante, las hojas son grandes anchas y lustrosas, el tallo tiene una gran proliferación de ramas secundarias que le confieren el aspecto compacto y cerrado. Es una variedad de fructificación temprana con altos rendimientos, posee un sistema radical muy desarrollado lo que le permite resistir periodos prolongados de sequía, altas temperaturas y suelos con baja retención de agua, además de mostrar poco agotamiento pos-cosecha. A partir de 1000msnm presenta problemas de crecimiento vegetativo, retardado, lo que retrasa la maduración y baja su producción aunque mantiene la calidad del grano (Santacreo 1999, citado por Velásquez & Gonzales 2012).

Descripción de las especies de sombra establecidas en el ensayo

En el ensayo se encuentran establecidas cuatro especies arbóreas *Simarouba glauca* y *Tabebuia rosea*, *Samanea saman* e *Inga laurina*; (Anexo 3). En los sistemas agroforestales los árboles son considerados como un componente integral para el logro de la sustentabilidad de los recursos existentes en el sistema; mediante las características morfológicas, fisiológicas y fenológicas que permiten modificar las condiciones de microclima (temperatura, humedad relativa, precipitación, viento y radiación solar) (Gliessman, 2002). En un ecosistema de café, los árboles contribuyen al incremento de la materia orgánica del suelo por medio de los aportes naturales ocurridos por caída de hojarasca, residuos de podas y raíces muertas, que mantienen o aumentan la fertilidad (Palm y Sánchez, 1990; Mofongoya *et al.*, 1998; Basavaraju y Gururaja, 2000).

Tratamientos evaluados

Para la presente investigación se seleccionaron 11 tratamientos para estudiar las variables la cual consistió de dos estudios.

Estudio 1

Se evaluaron dos factores: niveles de sombra leguminosas compuestas por las especies *Inga laurina* (IL) y *Samanea saman* (SS) y no leguminosas *Tabebuia rosea* (TR) y *Simarouba glauca* (SG) y como parcelas grandes. El segundo factor consistió en la aplicación de cuatro niveles de insumos como sub parcelas: Convencional Intensivo (CI), Convencional Moderado (CM), Orgánico Intensivo (OI) y Orgánico Moderado (OM). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estudio de la combinación de cuatro especies de sombra (Genízaro - Guaba) y (Roble - Acetuno) y cuatro niveles de insumos, CENECOOP, Masatepe

Sombra	<i>Inga laurina-Samanea saman</i> ILSS		<i>Tabebuia rosea-Simarouba glauca</i> TRSG	
Insumos	Convencional Intensivo CI	Convencional Moderado CM	Convencional Intensivo CI	Convencional Moderado CM
	Orgánico Intensivo OI	Orgánico Moderado OM	Orgánico Intensivo OI	Orgánico Moderado OM

Estudio 2

Se evaluaron cuatro diferentes combinaciones de sombra: a) *Inga laurina-Samanea saman* (ILSS), b) *Tabebuia rosea-Simarouba glauca* (TRSG), c) *Tabebuia rosea-Samanea saman* (TRSS), d) *Inga laurina-Simarouba glauca* (ILSG) y una parcela a pleno sol. Todas las parcelas fueron tratadas con el nivel de insumo Convencional Moderado, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estudio de cuatro combinaciones de especies de sombra y café a pleno sol con el nivel de insumo Convencional Moderado

Combinación de sombras	Nivel de Insumo
<i>Inga laurina-Samanea saman</i> ILSS	Convencional Moderado CM
<i>Tabebuia rosea-Simarouba glauca</i> SGTR	
<i>Tabebuia rosea-Samanea saman</i> TRSS	
<i>Inga laurina-Simarouba glauca</i> ILSG	
Pleno Sol SOL	

Metodología de muestreo

Para medir el tamaño del fruto, el aumento de la biomasa y la acumulación de nutrientes se seleccionaron 8 plantas de café por parcela y se marcó una bandola del tercio medio de la planta, en el área más productiva de la misma. La cinta plástica se ubicó en la base de la bandola y las mediciones de crecimiento se realizaron en 10 frutos de 2 o 3 nudos productivos de la misma floración. Cada 30 días se cosecharon los frutos de las bandolas previamente seleccionadas y se midió el diámetro polar, diámetro ecuatorial, tomando 10 frutos como repeticiones, peso fresco y peso seco de los frutos cosechados. Posteriormente los frutos de las muestras se sometieron a análisis para determinar contenido y curvas de acumulación de nutrientes.

3.3 Variables evaluadas

Para ambos estudios se midieron las siguientes variables:

Diámetro polar (mm) y diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de café

Con el fin de medir el crecimiento de los frutos de café, se hizo uso del Pie de Rey como herramienta.

Peso seco del fruto (g)

Los frutos cosechados fueron pesados en el campo en una balanza digital *Scout™ Pro* obteniéndose así el peso fresco de las muestras, las cuales posteriormente fueron sometidas a una temperatura de 70 °C durante 48 horas, para la obtención del peso seco de los frutos de café en cada muestra.

Contenido de nutrientes (%)

Para determinar el contenido de los nutrientes las muestras secas se prepararon en un molino FOSS *Cyclotec™ 1093* posteriormente enviadas al Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la UNA. El análisis se hizo en los siguientes elementos: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio; se utilizó el método de la digestión sulfoselénica (Digestión húmeda) con el que se obtuvo el porcentaje de nutrientes concentrado en los frutos de café durante su crecimiento.

3.4 Análisis de Datos

Se realizó análisis de Varianza (ANDEVA) utilizando el diseño en BCA con arreglo de parcelas divididas con 10 repeticiones y prueba de medias de rangos múltiples de TUKEY al 0.05 de margen de error a las variables de diámetro polar y diámetro ecuatorial.

Los ajustes de las curvas de crecimiento y acumulación de peso seco se analizaron a través de correlaciones y regresiones no lineales, específicamente a través de regresión simple exponencial y Probit normal. El software utilizado tanto para el ANDEVA como para las regresiones fue SAS 9.1.

3.5 Manejo Agronómico

Desde su establecimiento en el año 2000, para el mantenimiento del ensayo se ha venido realizando raleo y regulación de sombra hasta tener una densidad de plantas adecuadas para el manejo del café. En el cafeto, se han realizado actividades de mantenimiento como deshije, podas de manejo de tejidos enfermos, descope para regular el tamaño de las plantas y recepa selectiva por plantas debido al agotamiento a que han sido sometidas durante las últimas 11 cosechas. Los árboles de sombra de genízaro, guaba, roble y acetuno, inicialmente fueron establecidos a lo largo de los surcos de café, a estos árboles se le han realizado raleos para el 2012 la población era 212 árboles por hectárea, un 30% de la población inicial.

Manejo de malezas

Para el control de las malezas en los tratamientos orgánicos, se realizaron chapias selectivas, dejando crecer las malezas nobles o de cobertura como murruga (*Oplismenus burmanii* (Retz) P.B.) y siempre viva (*Commelina diffusa* Burm. F.). En los tratamientos convencionales se realizaron chapias generales y aplicación de herbicidas en los meses de febrero marzo, mayo y junio y cuando fue necesario. (Anexo 4). El manejo integrado de malezas intenta manipular el hábitat compartido entre el cultivo y las malezas, aprovechar las características positivas de las malezas menos agresivas y minimizar el impacto de aquellas consideradas negativas, inclinando de esta forma el balance del sistema a favor del cultivo (Pareja, 1986).

Manejo de plagas y enfermedades

Las plagas se manejaron utilizando diferentes productos acorde al nivel de insumo establecido en las parcelas. Las prácticas de manejo de enfermedades que se realizaron en el estudio fueron acorde con la particularidad de cada tratamiento (Anexo 5-6).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

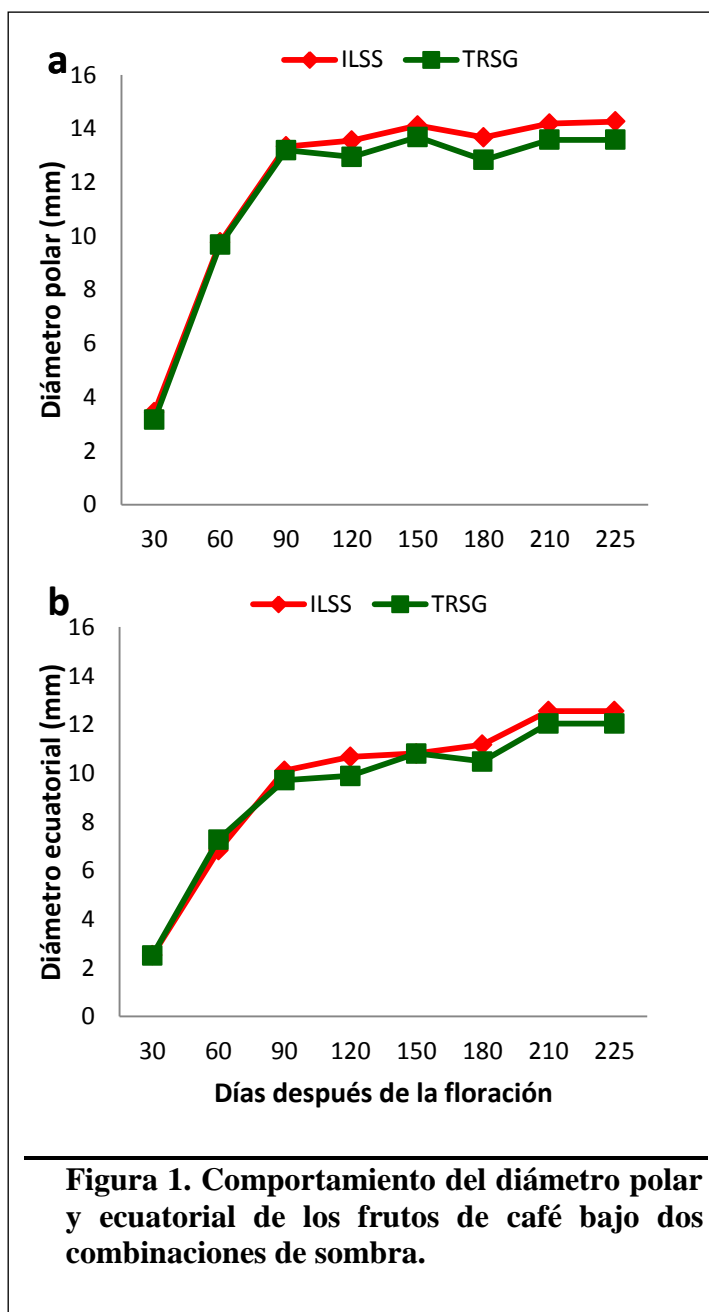
4.1 Estudio 1.

4.1.1 Comportamiento del crecimiento de los frutos de café bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.

El crecimiento ocurrió de manera rápida hasta los 90 días después de la floración (ddf), para ambas variables de crecimiento (diámetro polar y diámetro ecuatorial). Esto se relaciona con los factores climáticos y edáficos, así como también por las características intrínsecas de la variedad.

El diámetro polar de los frutos de café, (Figura 1-a), muestra que a los 90 ddf en promedio los frutos alcanzan el 95% de su tamaño máximo. Posteriormente los resultados del análisis estadístico muestran que existen diferencias significativas ($Pr=0.0005$) entre las combinaciones de sombra, para las etapas siguientes de desarrollo y al momento de la cosecha. En la combinación de sombra ILSS mostró un diámetro superior de 14.27 mm con respecto a la sombra de TRSG 13.59 mm.

El diámetro ecuatorial (Figura 1-b), no mostró diferencias significativas entre las combinaciones de sombra ($Pr=0.57$), en promedio los frutos alcanzaron 80% de diámetro ecuatorial. En las siguientes etapas de desarrollo de los frutos (120-180 ddf), el análisis mostró que entre ambas combinaciones de sombra existen diferencias significativas. A los 210 ddf los frutos mostraron un incremento marcado de diámetro ecuatorial



para ambas combinaciones. Al momento de la cosecha el diámetro ecuatorial de los frutos en la parcela con sombra ILSS fue de 12.55 mm y TRSG 12.04 mm, y no se encontró diferencias significativas entre las combinaciones ($Pr=0.2260$).

Similares resultados señala Ramírez (*et al* 2002), en donde las curvas de crecimiento del fruto de café presentan una forma sigmoidea doble, la primera etapa corresponde a un ligero incremento en tamaño (30-60 días), la segunda etapa consiste en un crecimiento rápido hasta que el fruto verde alcanza su tamaño máximo (hasta los 90 días). En el tercer periodo que corresponde a los 120 ddf, casi no hay crecimiento y corresponde al endurecimiento del endocarpio y la división de los tejidos de la semilla. Finalmente en un cuarto periodo se produce la maduración y hay otro fuerte incremento en tamaño, que se asocia con un fuerte incremento de materia seca (>30%), que se acumula a partir de los 210 ddf.

4.1.2 Comportamiento del crecimiento de los frutos de café bajo diferentes niveles de fertilización. Masatepe, Nicaragua.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para diámetro polar y diámetro ecuatorial a lo largo del desarrollo del fruto. En cuanto diámetro polar (Figura 2-a) a los 90 ddf, CM presentó el mayor diámetro 13.76 mm, posteriormente OI mostró valores más altos durante las siguientes etapas de desarrollo. Los valores más bajos los presentó OM. Al momento de la cosecha los resultados mostraron diferencia significativa entre los tratamientos ($Pr=0.0001$), OI presentó un diámetro de 14.8 mm, mientras CI alcanzó 13.3 mm siendo este el menor valor.

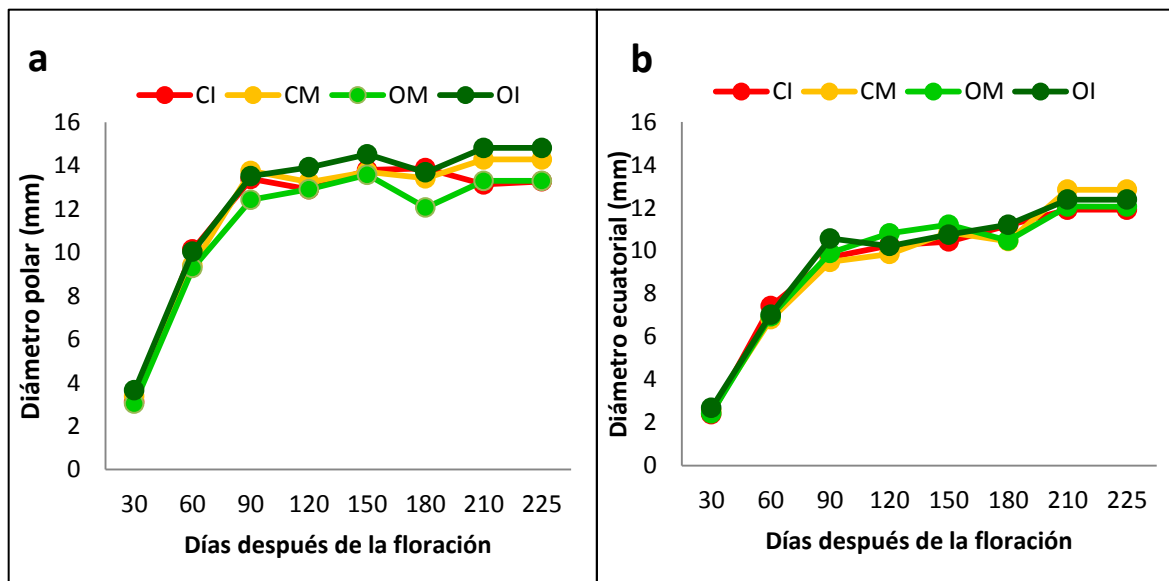


Figura 2. Comportamiento del diámetro polar y ecuatorial de los frutos de café manejados bajo diferentes niveles de fertilización convencional y orgánica.

En cuanto al diámetro ecuatorial (Figura 2-b), los mayores valores fueron presentados por OI y OM a los 90 ddf, de los 120 a los 150 ddf es OM quien se mostró superior a los demás tratamientos, sin embargo, para los últimos meses correspondientes a maduración y cosecha

de los frutos es el tratamiento CM quien alcanzó mayores valores con 12.84 mm y el menor valor 11.91 mm mostrado por CI. A lo largo del estudio hasta la maduración del fruto, ambos diámetros se mantuvieron constantes.

4.1.3 Acumulación de peso seco en los frutos de café bajo el efecto de dos combinaciones de sombra y diferentes niveles de fertilización.

La acumulación de la biomasa en los frutos de café expresados en términos de peso seco (g), presentó una forma sigmoide simple y aumentó progresivamente tanto para combinaciones de sombra y niveles de fertilización. Los resultados mostraron que los frutos alcanzaron a los 90 ddf en promedio un 30% de su peso máximo, esto se relaciona con la etapa de desarrollo ya que en los primeros meses de su crecimiento el fruto adquiere la mayor parte de su tamaño y el grano tiene consistencia gelatinosa (60-120 ddf), posteriormente (120-150 ddf) el fruto adquiere consistencia sólida y gana peso, seguidamente se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar (150-225 ddf) y está listo para ser cosechado (Arcila *et al.*, 2007).

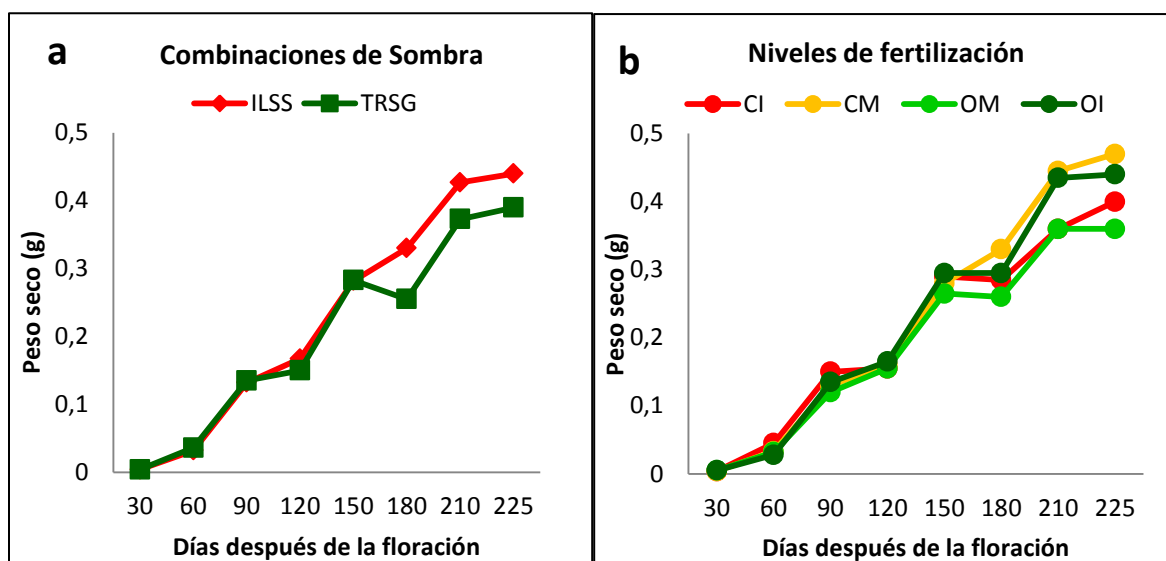


Figura 3. Dinámica de aumento de peso de los frutos de café, en función del tiempo transcurrido en días después de la floración, para el ciclo 2012.

Considerando las dos combinaciones de sombra como factor de estudio, el ILSS presentó mayor peso en los frutos en todo el desarrollo de los mismos. A los 150 ddf se da el mayor aumento de peso alcanzando los frutos un promedio de 67% de su peso máximo, es decir 0.28 g para ambas combinaciones. Para el momento de la cosecha el ILSS mostró mayor peso con 0.44 g mientras TRSG únicamente alcanzó 0.39 g de peso (Figura 3-a)

Los resultados de peso para el factor de niveles de fertilización, mostró que OI y CI alcanzaron los mayores pesos en las primeras etapas de desarrollo y desde los 150 ddf hasta el momento de la maduración CM es quien mostró frutos con mayor peso alcanzando 0.47 g, OM presentó durante el tiempo transcurrido los menores valores y a la cosecha el peso alcanzado fue 0.36 g siendo el menor valor (Figura 3-b).

4.1.4 Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo el efecto de dos combinaciones de sombra.

El análisis de laboratorio realizado a los frutos de café con el fin de obtener la concentración de nutrientes en las diferentes etapas de crecimiento mostró que a medida que el fruto se desarrolla la concentración de nutrientes disminuye. Este fenómeno, también es reportado por Chaves y Sarruge (1984), Souza *et al.*, (1975) y Sadeghian *et al.*, (2013) y se conoce como efecto de la dilución, y se debe al crecimiento rápido de los frutos.

En promedio la reducción en la concentración de nutrientes para ambas combinaciones de sombra fue de 41.66% en N, 62.5% P, 54.92% K, 83.63% Ca y 82.2% Mg. La concentración de N, P, Ca y Mg presentó a los 90 ddf la mayor reducción y estabilizándose de esta manera su requerimiento hasta el momento de la cosecha, entre tanto el K presentó una demanda relativamente constante hasta los 120 días y la mayor reducción se dio a los 150 ddf para luego presentar un nuevo incremento a los 180 ddf seguido por una nueva y continua reducción hasta el momento de cosecha. En ambas combinaciones de sombra los frutos presentaron un comportamiento similar en concentración de nutrientes.

Los frutos de café bajo la combinación ILSS mostraron los valores más altos de concentración de N, Ca y Mg, la concentración de N mantuvo los valores más altos hasta los 150 ddf, este comportamiento se relaciona con los altos niveles de materia orgánica (>8%) presentes en los suelos (Anexo 8). Los árboles de sombra asociados con leguminosas favorecen la fijación simbiótica de N en cantidades considerables (OIRSA, 2001).

Los valores más altos de Ca se dieron hasta los 120 ddf y en Mg hasta los 150 ddf. Cabe destacar que se presentó un ligero incremento en la concentración de P a los 210 ddf y Mg a los 120 ddf, seguidos por una marcada reducción en la concentración de dichos nutrientes.

Los frutos bajo la combinación TRSG mostraron mayor concentración de P y K, durante todo el periodo de desarrollo, para los demás nutrientes (N, Ca y Mg) presentó los valores más altos en los últimos meses, en N la mayor concentración se dio a partir de los 180 ddf, en Ca a partir de los 120 ddf y en Mg desde los 150 ddf.

Al momento de la cosecha, se observó que la combinación TRSG presentó mayor concentración en cada fruto de N 1.87%, P 0.12%, K 1.63%, Ca 0.19 % Y Mg 0.44%. En ambas combinaciones N y K representan las concentraciones más altas y P las más bajas.

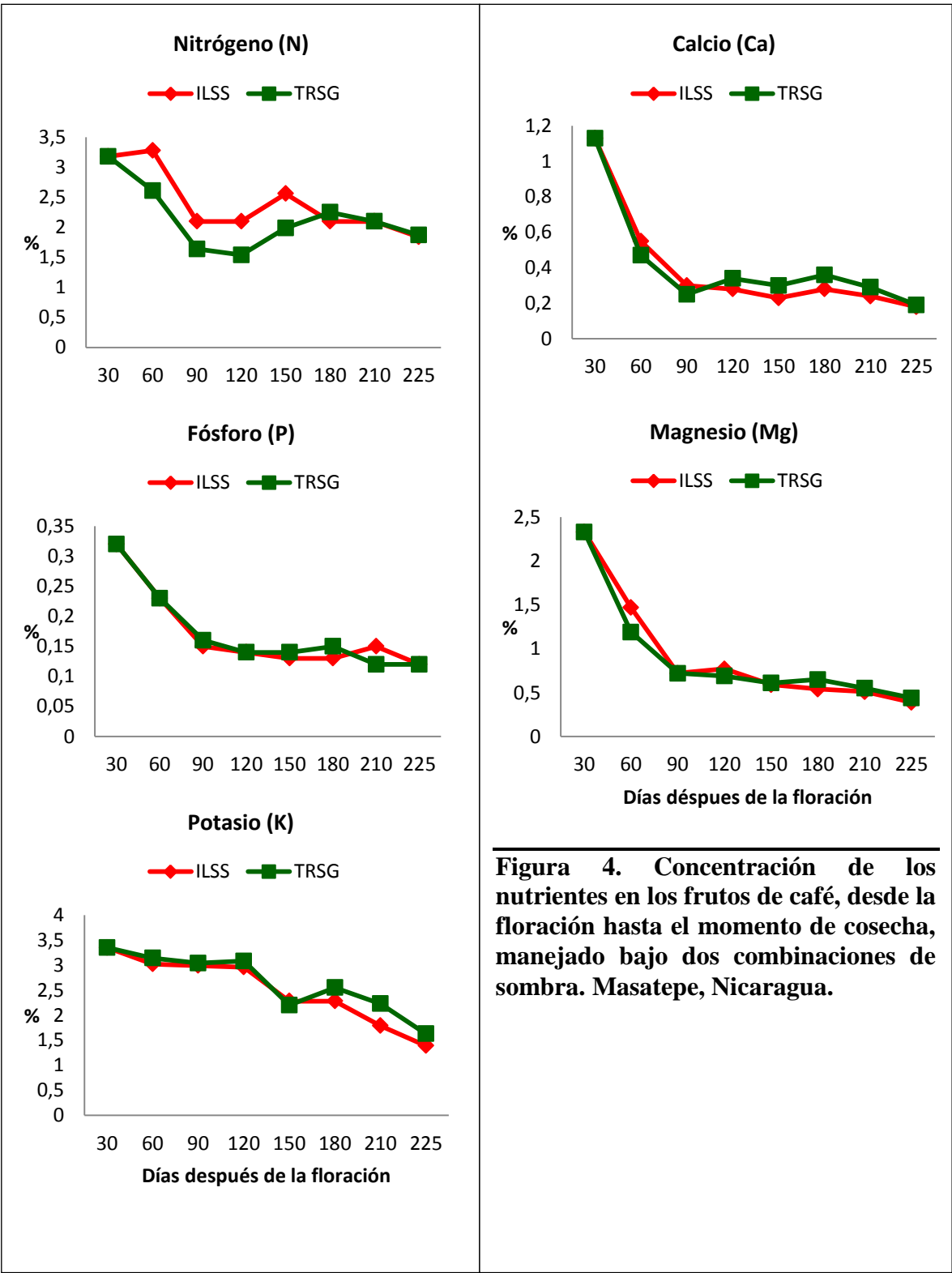


Figura 4. Concentración de los nutrientes en los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.

4.1.5 Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo el efecto de cuatro niveles de fertilización.

Al momento de la cosecha la concentración de nutrientes en los frutos descendió de su porcentaje inicial un 41.5% para N, 62.5% en P, 55% en K, 83% en Ca y 82% en Mg. Para todos los tratamientos las mayores reducciones de N, P, Ca y Mg se dieron a los 90 ddf, mientras tanto el K presentó un descenso gradual en cuanto su concentración. Cabe destacar que algunos de los nutrientes como N y P presentaron en momentos determinados ligeros incrementos.

La mayor concentración de N la presentaron los frutos de café bajo el tratamiento OI a lo largo de todo su desarrollo, sin embargo cabe señalar que OM presentó en dos momentos definidos (60 ddf y 210 ddf) valores más altos en la concentración de este nutriente con 3.38% y 2.25%, para el momento de la cosecha OI presentó 1.93% de N siendo el valor más alto y CM muestra el valor más bajo con 1.75% de concentración.

La concentración de P a lo largo del desarrollo de los frutos presentó los valores más altos bajo niveles de fertilización orgánica, eventualmente los tratamientos OI y OM mostraron una fuerte disminución y para el momento de cosecha la concentración más alta de P en los frutos la presentó el nivel de fertilización CI con 0.14% y la menor concentración 0.11% la presentaron CM y OI.

El K mostró en todos los tratamientos una gradual disminución a diferencia de los demás nutrientes que presentaron a los 90 ddf una fuerte reducción en su concentración. El nivel de fertilización OI presentó mayores valores de concentración hasta los 180 ddf, en los últimos meses acordes a la maduración y cosecha del fruto CI mostró mayor contenido de K en sus frutos 1.61%, mientras CM presentó la menor concentración 1.44% ambos para el momento de cosecha.

Con respecto a la concentración de Ca este disminuyó durante los primeros 90 ddf en todos los tratamientos, a los 120 días es OI el que tuvo un considerable aumento en comparación a los otros tratamientos, sin embargo, no es el que se mantuvo estable hasta la maduración, es OM que presentó un comportamiento más estable, seguido de CI, comportamiento que se pudo observar a los 180 ddf. Al igual que los demás nutrientes se observó que en los últimos meses acordes a la maduración y cosecha del fruto hubo un descenso de concentración en todos los tratamientos en donde CI mostró la mayor concentración con 0.25% y OI la menor con 0.15%.

El Mg disminuyó un 30% de su concentración inicial en todos los tratamientos a los 90 ddf, en donde el tratamiento OI se mantuvo como el más estable hasta cosecha, momento en el cual CI se presentó con la mayor concentración 0.52% y CM con la menor concentración 0.26%.

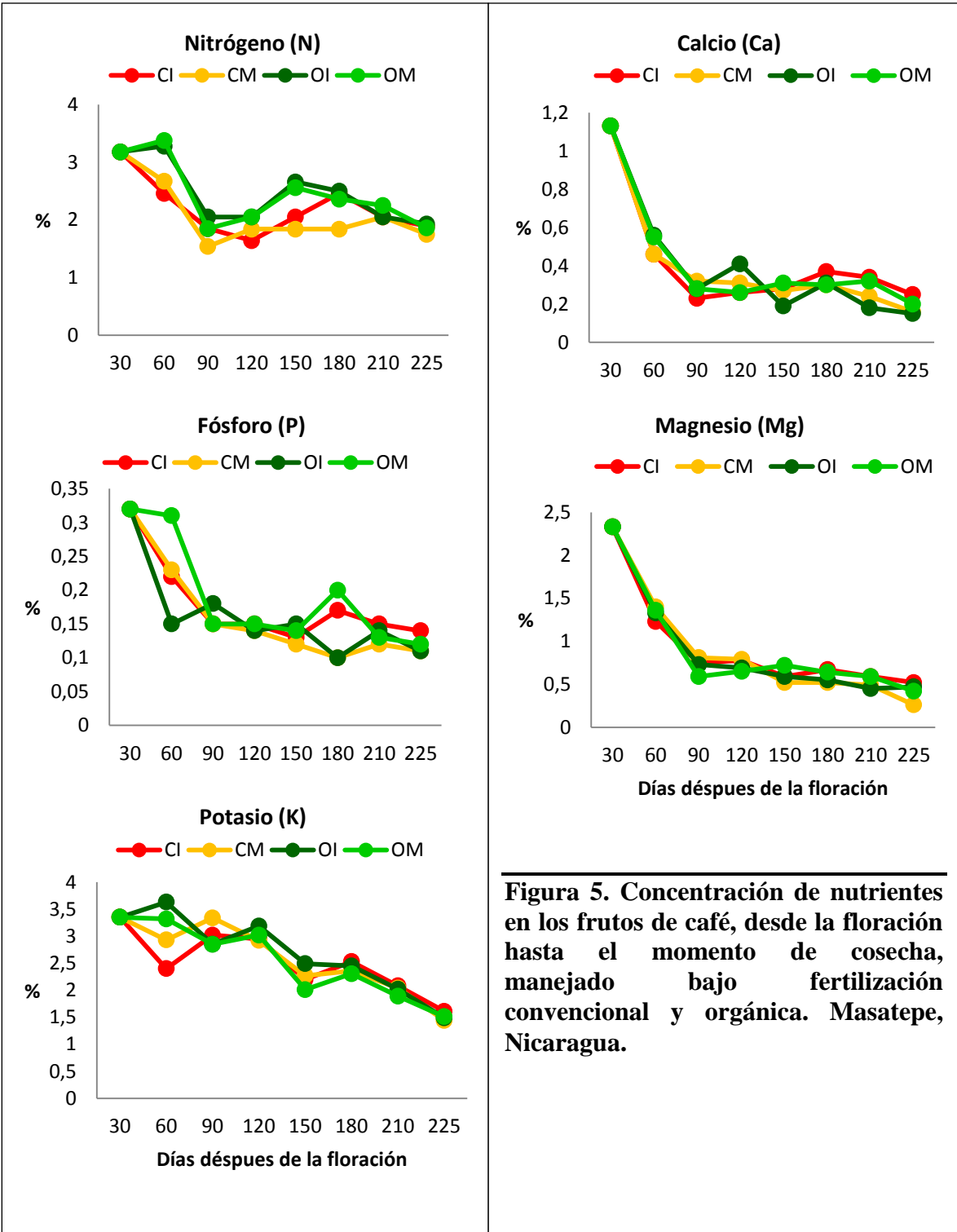


Figura 5. Concentración de nutrientes en los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo fertilización convencional y orgánica. Masatepe, Nicaragua.

4.1.6 Acumulación de nutrientes por los frutos de café bajo dos combinaciones de sombra

Los frutos de café considerando como factor de estudio dos combinaciones de sombra mostró que la acumulación de los mismos se da de manera lenta hasta los 60 ddf y posteriormente se da un aumento en el contenido de nutrientes, así como también difiere el comportamiento de acumulación entre cada uno de ellos, seguidamente al momento de la cosecha (225 ddf) los nutrientes tienden a reducirse (Figura 6).

La combinación de especies leguminosas ILSS presentó durante el desarrollo de los frutos las mayores acumulaciones de N, las cuales se dieron los 150 ddf con 7.16 mg y a los 210 ddf con 8.93 mg. El comportamiento observado lo relacionamos con las capacidades fijadoras de N que poseen las especies leguminosas, favoreciendo que se diera mayor acumulación de este nutriente en frutos manejados bajo estas especies.

La acumulación de P se da de manera similar en ambas combinaciones de sombra hasta los 150 ddf, y a partir de esa fecha empiezan a diferir, ILSS presentó los mayores valores de acumulación desde los 180 ddf hasta la cosecha, y el momento de mayor acumulación se da a los 210 ddf con 0.64 mg.

Para el caso de K, ambas combinaciones de sombra acumulan cantidades similares del nutriente desde los 30 ddf hasta los 150 ddf, a partir de este momento ILSS a los 180 ddf mostró su mayor acumulación con 7.5 mg y desde los 210 ddf TRSG acumulo 8.27 mg, siendo la combinación de mayor acumulación de K en sus frutos hasta el momento de la cosecha.

Se observó que la acumulación de Ca se dio de manera similar de los 30 a los 120 ddf, es a partir de los 150 ddf que TRSG presentó los mayores valores de acumulación en dos momentos definidos a los 150 ddf con 0.84 mg y a los 210 ddf con 1.09 mg. La combinación ILSS presentó mayor acumulación de Mg en el desarrollo de los frutos, mostró dos momentos de mayor acumulación a los 120 ddf con 1.28 mg y a los 210 ddf con 2.16 mg. Cabe señalar que los valores de acumulación de la combinación TRSG fueron similares.

Para ambas combinaciones de sombra se observó que las mayores acumulaciones de los nutrientes en estudio fueron entre los 150 y los 210 ddf, donde hubo mayor consumo de N y K con respecto a los demás nutrientes. El comportamiento de las curvas de acumulación fue similar para ambas combinaciones de sombra. Similares resultados encontraron Sadeghian *et al.*, 2013 en un ensayo en cuatro localidades de Costa Rica sobre la acumulación de N, P y K (a) y Ca, Mg y S (b). Beer, 1997 señala 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, el mantenimiento de la fertilidad, y el control de la temperatura del suelo, permitiéndole a la planta un mayor aprovechamiento de los nutrientes.

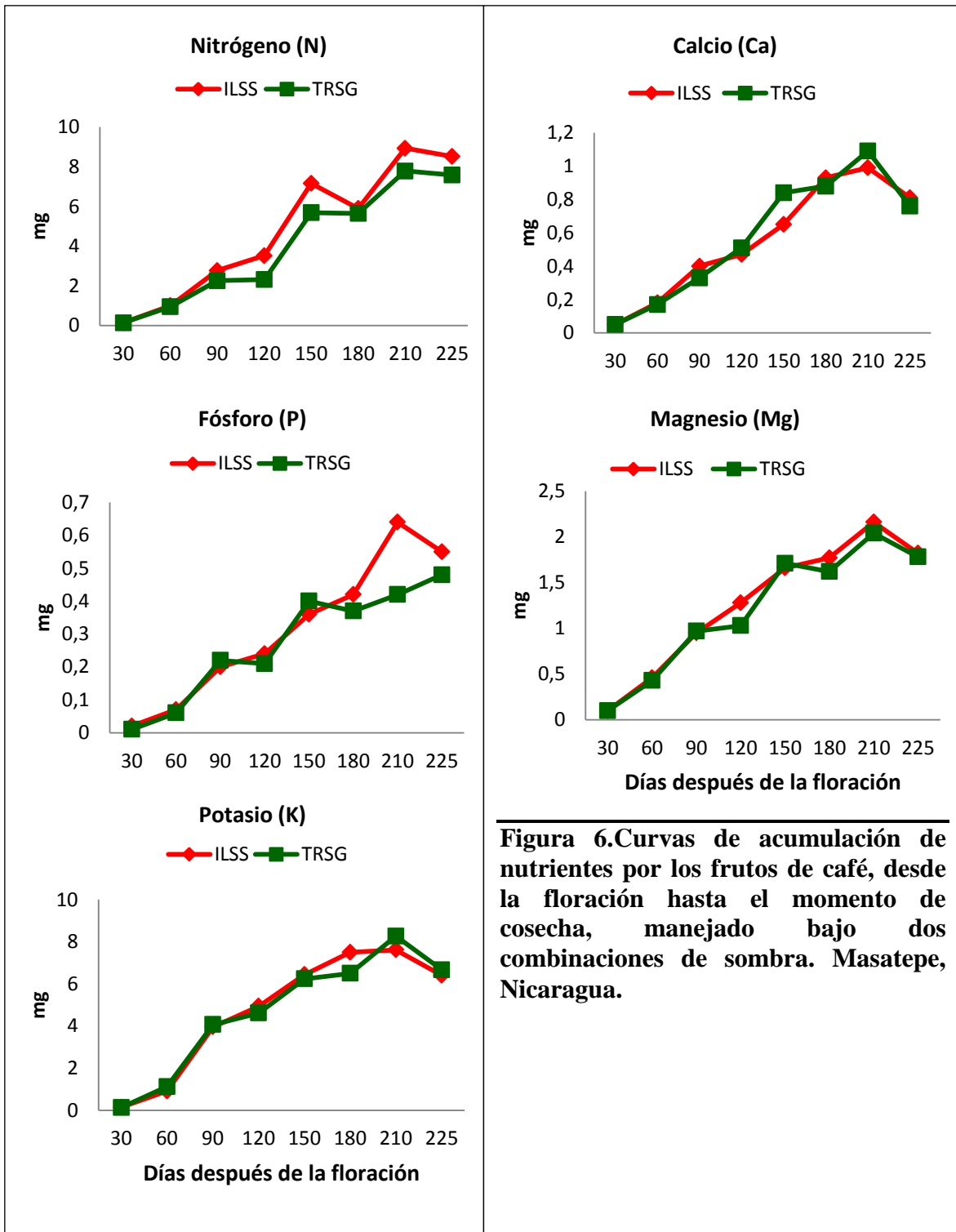


Figura 6.Curvas de acumulación de nutrientes por los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo dos combinaciones de sombra. Masatepe, Nicaragua.

4.1.7 Acumulación de nutrientes por los frutos de café bajo cuatro niveles de fertilización

Considerando los niveles de fertilización como factor de estudio, los frutos de café mostraron un comportamiento en la acumulación de nutrientes que se da de manera lenta hasta los 120 ddf y seguidos por marcados aumentos, el comportamiento de la acumulación difiere según el nivel de fertilización, el periodo de desarrollo entre los 120 ddf y los 210 ddf es donde se observaron mejor las diferencias entre los tratamientos y para el momento de la cosecha los frutos tienden a presentar reducciones en sus cantidades acumuladas de nutrientes (Figura 7).

Conociendo el comportamiento de las curvas de acumulación se determinan las épocas de mayor acumulación de nutrientes durante el ciclo de crecimiento. Esto a su vez permite definir las épocas de aplicación de los fertilizantes en los programas de fertilización, que generalmente deberán ocurrir unas dos semanas antes de los 120 días donde se presenta un alto requerimiento de nutrientes. Con esto se logra maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes (Sancho, 1999).

A los 150 ddf los tratamientos mostraron la mayor acumulación de N, el nivel OI fue el tratamiento con mayor acumulación alcanzando 7.83 mg en dicho momento, a los 210 ddf se observó otro aumento y CM alcanzó la mayor acumulación con 9.12 mg.

En cuanto a P a los 150 ddf el tratamiento que mayor acumulación mostró fue OI con 0.44 mg, sin embargo, este mismo tratamiento a los 180 ddf bajo su acumulación a 0.34 mg, vuelve a presentar un aumento a los 210 ddf, manteniendo el mayor valor con 0.60 mg y el menor OM con 0.47 mg.

A los 150 ddf que el tratamiento OI con 7.33 mg presentó mayor acumulación de K en comparación a los demás tratamientos en estudio. A los 210 CM que reflejaba bajos valores en los meses anteriores, presentó una acumulación de 9.12 mg superior a los demás tratamientos y OM siguió presentándose con los valores más bajos con 6.83 mg en este momento.

En cuanto la acumulación de Ca, el tratamiento OI a los 120 ddf con 0.67 mg supera a los demás tratamientos que sostienen una acumulación similar entre sí, a los 150 ddf OM con 0.86 mg alcanzó la mayor acumulación de este nutriente. A los 180 ddf se observó que OM disminuye sus valores y los demás tratamientos presentaron un aumento de acumulación, posteriormente OM con un valor de 1.14 mg a los 210 ddf fue el que presentó mayor acumulación. Los tratamientos CI y CM se presentaron en la curva con un comportamiento más estable sin tantos bajos y altos aumentos de acumulación.

El nivel de fertilización OM a los 150 ddf acumuló mayor cantidad de Mg con 1.9 mg en comparación a los demás tratamientos. A los 210 se observó un nuevo incremento en la acumulación del nutriente y OI es quien alcanza mayor acumulación con 2.11 mg de Mg.

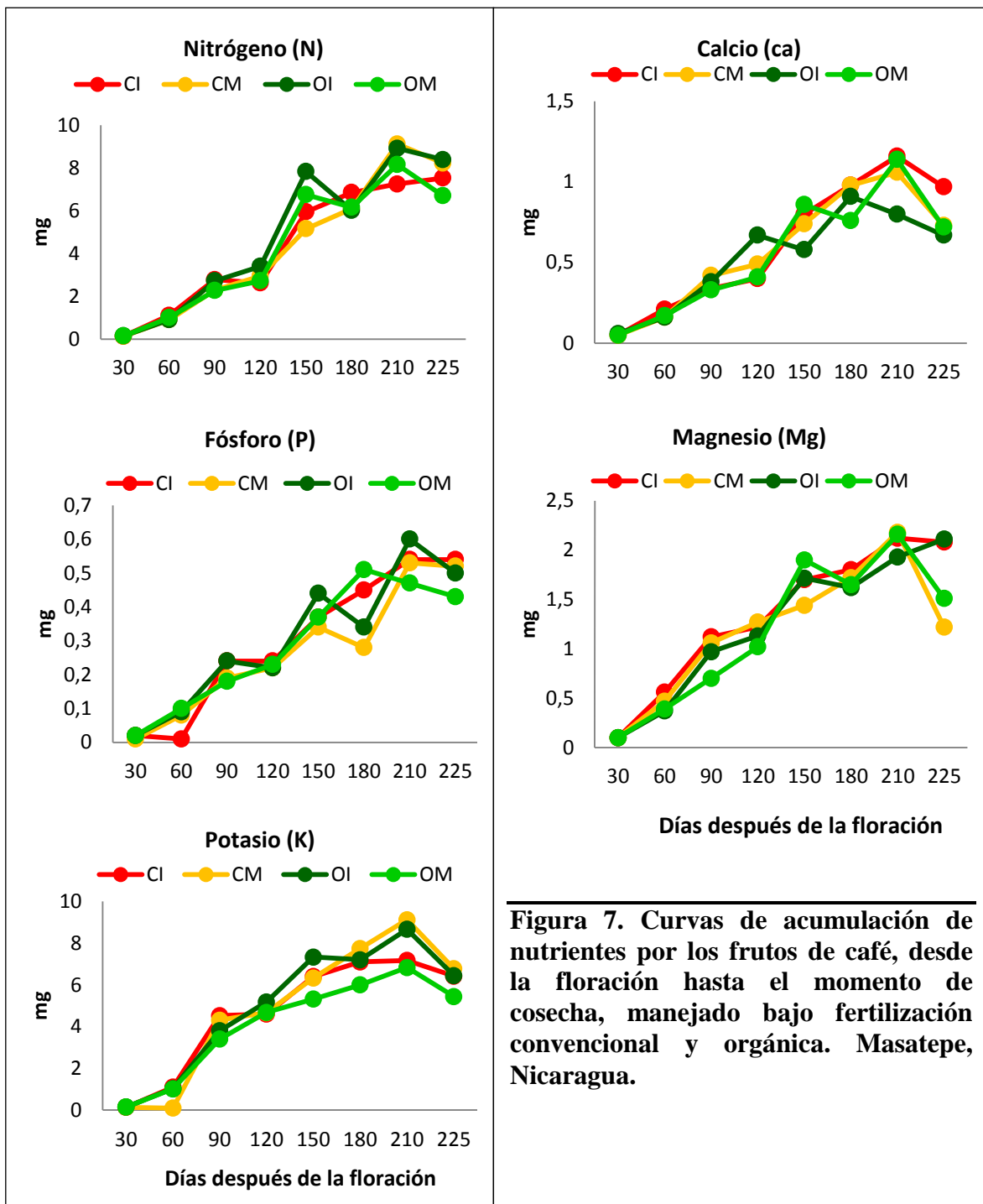


Figura 7. Curvas de acumulación de nutrientes por los frutos de café, desde la floración hasta el momento de cosecha, manejado bajo fertilización convencional y orgánica. Masatepe, Nicaragua.

4.2 Estudio 2.

4.2.1 Comportamiento de las variables de crecimiento de los frutos de café bajo el efecto de cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol

Los frutos de café presentaron un rápido incremento de tamaño hasta los 90 ddf momento en que alcanzaron en promedio un 93% de diámetro polar y 75 % de diámetro ecuatorial., para luego estabilizarse hasta la etapa de maduración donde vuelve a presentar incrementos de tamaño.

En cuanto al diámetro polar, la combinación de sombra ILSS presentó los mayores valores hasta los 90 ddf, sin embargo en ese momento no mostró diferencias significativas ($Pr=0.6017$) con los demás tratamientos, mientras que café a pleno sol mostró los menores diámetros. Para el momento de cosecha, los resultados mostraron que hay diferencia significativas ($Pr=0.0054$), la combinación TRSS es superior a los demás tratamientos, sus frutos prestaron un diámetro de 15.1 mm y SGTR presento el valor más bajo con 13.86 mm (Figura 8-a).

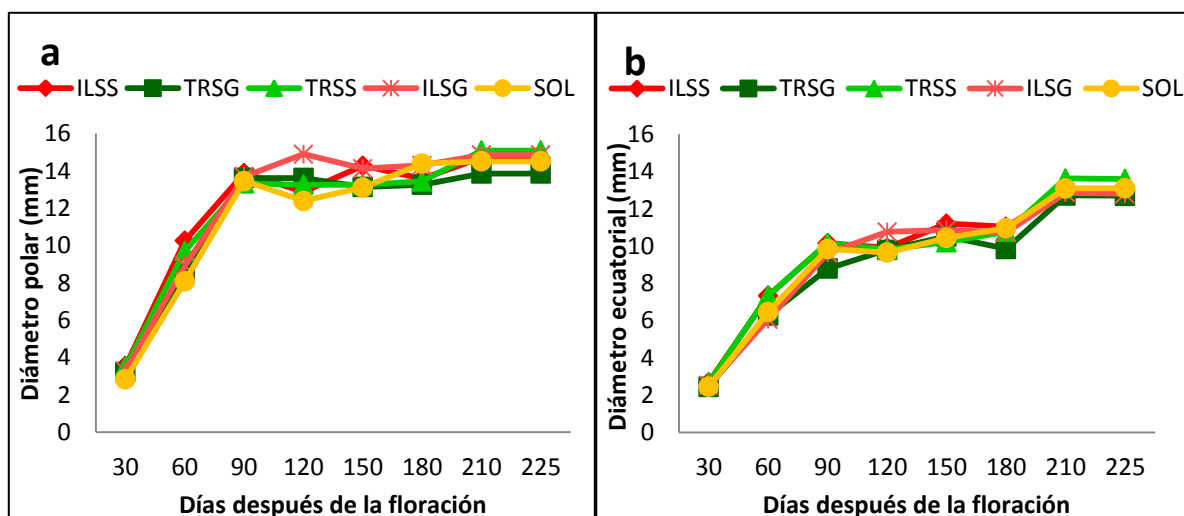


Figura 8. Comportamiento del diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol, desde la floración hasta la maduración.

Los mayores valores de diámetro ecuatorial los presentó TRSS. A los 90 ddf momento en que los frutos alcanzaron la mayor parte de su tamaño máximo, no se presentó diferencias significativas ($Pr=0.5230$) entre los tratamientos. Los frutos en la sombra con TRSS fueron estadísticamente superior ($Pr=0.0101$) a los demás tratamientos con un diámetro de 13.62 mm y TRSG presentó el valor más bajo 12.71 mm. Cabe señalar que el café a pleno sol los frutos se posicionaron en la misma categoría estadística que las combinaciones que presentaron superioridad, es decir no existió entre las combinaciones de sombra ILSS, TRSS, y a pleno sol (Figura 8-b).

4.2.2 Acumulación de peso seco en los frutos de café en cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar

El aumento de peso de los frutos mostró una curva sigmoide simple. A los 90 ddf en promedio para todos los tratamientos los frutos llegaron a pesar un 30% de su peso máximo, este comportamiento sugiere que en la fase inicial de desarrollo una mayor parte del fruto está constituida por agua y en los próximos meses de desarrollo gana peso, a medida que avanza la maduración y ocurre el llenado, así como también debido a los cambios ocurridos en la pulpa (Sadeghian *et al*, 2013).

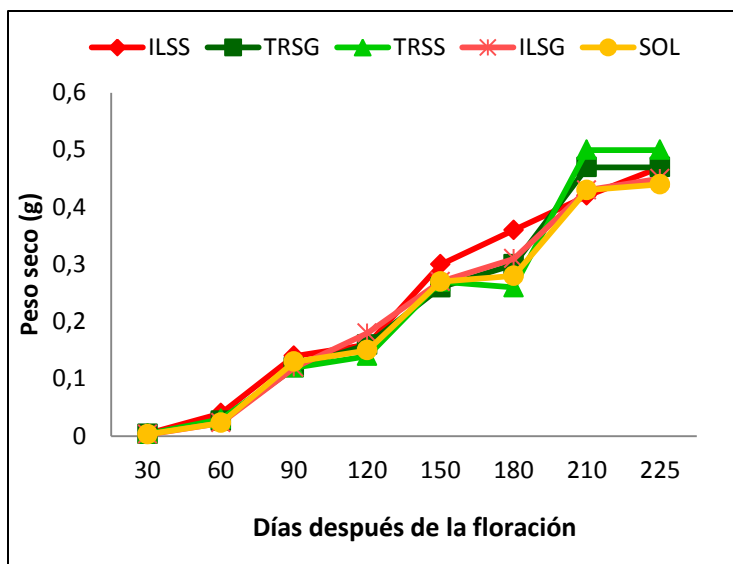


Figura 9. Curvas de acumulación de peso seco desde la floración hasta la maduración, bajo combinaciones de sombra y exposición a pleno sol, Masatepe, Nicaragua.

Entre las combinaciones de sombra, ILSS mostró mayor peso en los frutos desde su primer estado inicial de desarrollo hasta los 180 ddf coincidiendo estos días con la etapa de maduración de los mismos. También los frutos con ILSS presentaron una acumulación de biomasa progresivamente constante durante todo el periodo de desarrollo de los 90-180 ddf. De los 180 a los 210 ddf las combinaciones de sombra TRSG, TRSS, ILSG y café a pleno sol, mostraron un marcado incremento en el peso de los frutos.

Al momento de la cosecha ILSS y TRSS alcanzaron el mayor valor de peso 0.47 g y el menor lo presentó los frutos de café a pleno sol con 0.44 g. Se debe destacar que los frutos bajo pleno sol presentaron bajo peso en comparación con algunas combinaciones de sombra, sin embargo, no fueron los menores valores en el desarrollo del fruto, únicamente en dos momentos determinados, estos frutos mostraron el menor peso a los 60 y 225 ddf con 0.023 g y 0.44 g respectivamente.

4.2.3 Correlación entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar

Se realizó una correlación de Pearson para conocer la relación lineal entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial, la cual mostró una correlación positiva ($r=0.98$) lo que indica una dependencia en un 98% entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial. Estas dos variables tienen una relación directa ya que a medida que una aumenta la otra lo hace en proporción constante. Entre los 90 ddf hasta los 210 ddf existe una separación un poco más marcada en la cual el diámetro ecuatorial tiende a crecer menos, manteniendo la misma tendencia (Figura 10).

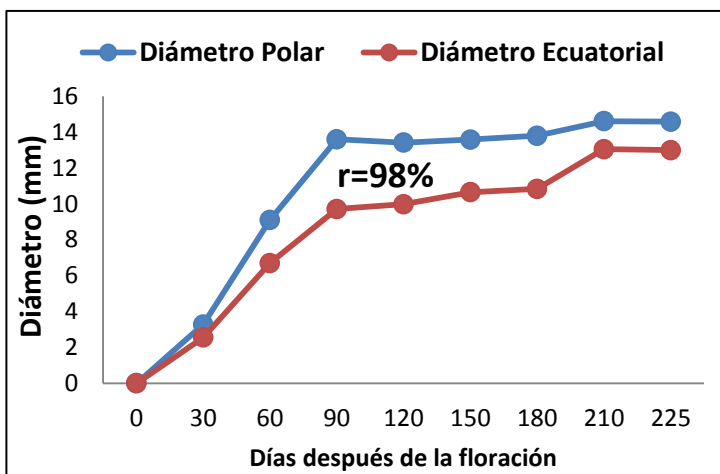


Figura 10. Correlación entre el diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos de café, Masatepe, Nicaragua.

4.2.4 Crecimiento exponencial del diámetro polar y diámetro ecuatorial bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar.

El aumento del diámetro polar de los frutos en los primeros 90 ddf experimentan un crecimiento rápido y luego se estabilizan hasta la maduración del fruto. Este comportamiento no se puede expresar con una regresión lineal. En este caso se debe experimentar el mejor ajuste de curvas usando una función no lineal, utilizando conceptos de inferencia estadística.

De igual forma, la tendencia del diámetro polar fue igual que el diámetro ecuatorial donde se presentó un crecimiento rápido en los primeros 90 días aunque un poco más lento y con una tendencia más uniforme. Meter *et al.*, (1996) recomienda considerar en este caso usar modelos de regresión no lineal para estimar la curva de crecimiento en el tiempo como el modelo simple exponencial, modelo doble exponencial, modelo de regresión logístico, modelo Probit y el modelo asintótico.

Al correr los modelos arriba mencionados el modelo no lineal simple exponencial fue el modelo en el que los datos observados se ajustaron mejor a los datos esperados con $r^2=0.9913$ para el diámetro polar y $r^2=0.9937$ para el diámetro ecuatorial (Figura 11).

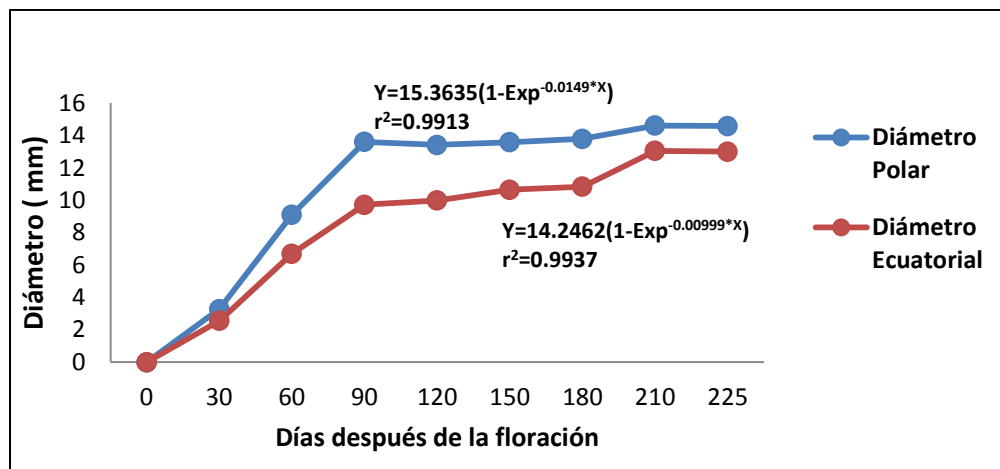


Figura 11. Crecimiento exponencial de los diámetros usando el método de regresión no lineal propuesto por Marquardt $Y=bo*(1-Exp^{-b1*X})$.

4.2.5 Comportamiento del peso seco de los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol, ajustado al modelo Probit

En la curva de aumento de peso seco, puede observarse una curvatura hacia abajo del eje X. primero experimenta un crecimiento lento hasta los 60 días, luego crece rápidamente hasta los 210 días y vuelve a estabilizarse hasta los 225 días. El modelo que mejor se ajustó a la distribución de los datos de la acumulación de peso seco en el tiempo fue el modelo Probit que es el inverso de los valores acumulativos de la distribución normal (Figura 12). A los 90 días hay una acumulación de peso del 26%, a los 180 días un 65% y finalmente a los 210 días una acumulación de 98%

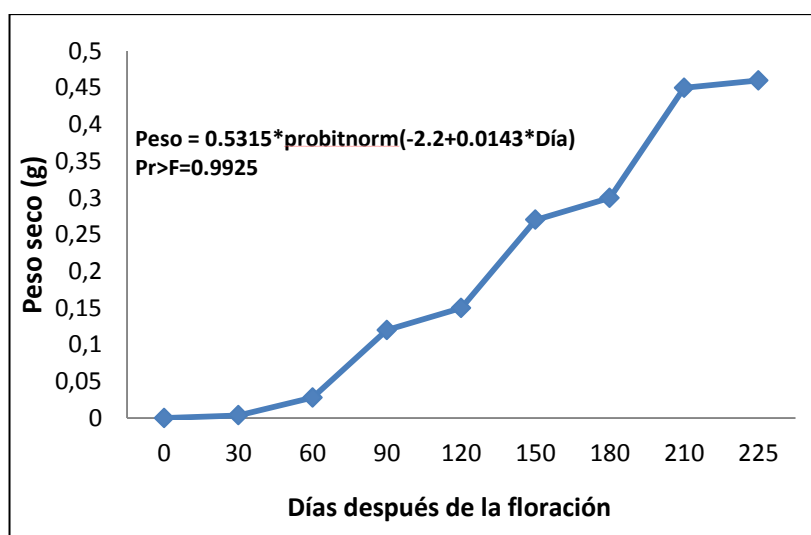


Figura 12. Comportamiento del peso seco (g) de los frutos de café desde la Floración hasta la maduración según modelo probit $Y = a * probnorm(a + b*días)$

4.2.6 Concentración de nutrientes en los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol.

Las concentraciones de nutrientes en los frutos de café bajo cuatro combinaciones de sombra y a pleno sol mostraron en determinado momento del desarrollo una reducción en su contenido, en los nutrientes N, K y Ca se da a los 60 ddf y en P y Mg se da a los 90 ddf.

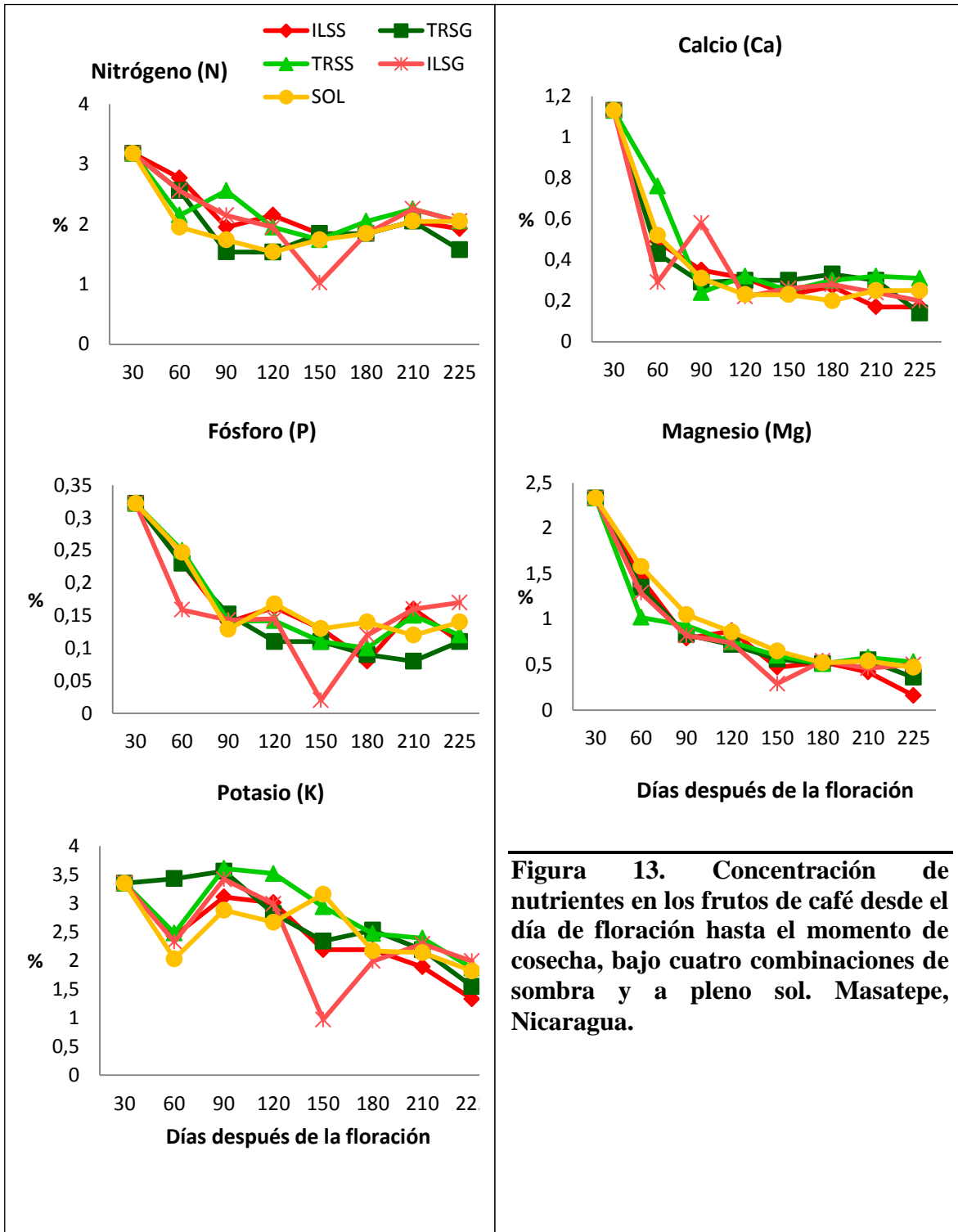
La mayor concentración de N, la presentaron los frutos de café bajo la combinación TRSS a lo largo de todo su desarrollo, sin embargo cabe señalar que ILSS presentó en dos momentos definidos valores más altos en la concentración de este nutriente a los 120 ddf con 2.15% y a los 150 ddf con 1.84%. Para el momento de la cosecha los tratamientos TRSS, ILSG y a plena exposición solar mostraron la mayor concentración 2.05% y TRSG el menor porcentaje 1.58%. Russo y Botero, 1996, señalan que los árboles fijadores de nitrógeno incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, y por medio del aporte de materia orgánica. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y movilizarlos a la superficie, haciéndolos disponibles para el cultivo. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.

A los 90 ddf los sistemas ILSG con 0.43% presentó los mayores valores de concentración de P y Pleno sol 0.13% presentó los menores. A los 150 ddf se observó que el tratamiento ILSG con 0.02%, presentó un descenso considerable en comparación a los demás tratamientos que también presentaron una disminución de P, sin embargo este mismo tratamiento a los 180 ddf logro estabilizarse entre los otros tratamientos llegando a tener una concentración de 0.12%, valor cercano e incluso mayor que las demás combinaciones de sombra.

En el caso del K, mostró un aumento a los 90 ddf donde TRSS con 3.61%, se presentó como el tratamiento de mayor concentración y Pleno sol 2.88% con el menor valor, después de este comportamiento todos los tratamientos fueron descendiendo de manera lenta, a los 150 ddf se observó que Pleno sol con 3.16% tuvo un incremento mientras ILSG mostró una reducción bien marcada con 0.97%. Al momento de la cosecha ILSG mostró la mayor concentración de K con 1.99% y ILSS presento la menor concentración con 1.33%.

La concentración de Ca presentó un comportamiento más constante, sin embargo se logra observar que a los 90 ddf ILSG 0.58% presentó un aumento a diferencia de los demás tratamientos que siguieron bajando su concentración. Para el momento de cosecha TRSS con 0.31% es el tratamiento con mayor concentración de Ca en los frutos y TRSG con 0.14% es el de menor concentración.

Forrester *et al.*,(2006), señala que los estudios de producción y descomposición de materia orgánica de especies que crecen asociadas, fijadoras de N con especies no leguminosas, han sido escasos pero con resultados muy prometedores en cuanto a la calidad y pertinencia en la liberación e incorporación de nutrimentos al suelo y Hättenschwiler *et al.*,(2005) indica que ocurre un mayor flujo de nutrimentos causados principalmente por las diferencias en la composición química y propiedades físicas de la hojarasca originadas por las distintas especies.



La concentración del Mg mostró una gradual reducción desde los 90 ddf en todas las combinaciones de sombra, cabe señalar que los frutos de café a pleno sol mostraron mayor concentración de Mg hasta los 150 ddf. A la cosecha de los frutos TRSS con 0.53% mostró la mayor concentración de dicho nutriente e ILSS con 0.16% se presentó como el menor valor de concentración.

La producción y descomposición (humificación y mineralización) de la materia orgánica hace la conexión entre el componente biótico y abiótico del sistema (Heuveldop *et al.*, 1988). Lo anterior, tiene una importancia potencial para el reciclaje de N, P, K, Ca y Mg, en donde los contenidos de nutrientes frecuentemente exceden las entradas de fertilizantes inorgánicos incluso cuando él último es aplicado a niveles altos para café (Beer, 1988).

V. CONCLUSIONES

Los frutos bajo la sombra de árboles de leguminosas y la combinación de leguminosas y no leguminosas tuvieron mayor diámetro polar y ecuatorial, a pleno sol presentaron valores intermedios y los frutos con menor crecimiento se obtuvieron con sombra de árboles no leguminosas.

Los frutos bajo sombra de leguminosas y combinaciones de leguminosas y no leguminosas presentaron el mayor peso seco. El menor peso seco de los frutos se presentó en los granos de café a pleno sol.

Con la aplicación de fertilización ya sea con OI y CM se obtuvo el mayor crecimiento de diámetro polar y ecuatorial, y mayor peso seco de los frutos de café.

La concentración inicial de los nutrientes en los frutos de café en orden de mayor a menor fue K (3.5%), N (3.2%), Mg (2.5%), Ca (1.2%) y P (0.3%). A la cosecha la demanda de nutrientes descendió a un 17 % para Ca, 18% para Mg, 37.5% para P, 45 % para K y 58.5% para N.

La mayor acumulación de nutrientes ocurrió entre los 90 y 210 días. Los frutos con leguminosas acumularon mayor cantidad de N, K, Mg Y P, con no leguminosas mayor cantidad de Ca. Los frutos con la fertilización CM acumularon mayor cantidad de N, K y Mg, OI más P y OM más Ca.

Los modelos matemáticos que más se ajustaron, al crecimiento de los frutos de café fue el modelo exponencial y para la acumulación de peso seco al modelo Probit normal.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar la calidad física y atributos organolépticos de los granos de café oro bajo los diferentes tratamientos estudiados para complementar la información de este estudio de manera que pueda correlacionarse el comportamiento de crecimiento y acumulación de nutrientes con la calidad del café.

Realizar este estudio en la zona norte del país, donde se registra la mayor producción de café, para conocer el comportamiento de crecimiento y acumulación de nutrientes en dicha región, así como también aportar a los programas de fertilización manejado por los productores de manera que esto contribuya a mejorar el rendimiento y la calidad de la producción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcila P, J; Farfán V, F; Moreno B, A; Salazar G, L; Hincapie G, E. 2007. Sistemas de Producción de café en Colombia. Chinchina, CO. Blanecolor, Cenicafe. 309 p.
- Aslander A. 1958. Nutritional requirements of crop plants. *Eyclopedia of plant physiology* 4, 977 – 1025.
- Basavaraja T, B; Gururaja R, M R. 2000. Tree-crop interactions in Agroforestry systems a brief review. *Indian Forester*, 126 (11): 1155-1164.
- Beer, J. 1997. Café con sombra. Agroforestería en las Américas. Turrialba, Costa Rica. P 8-27.
- Beer, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems*, 7: 103 – 114.
- Bertsch F. y Ramirez F. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. In: Memoria jornadas de investigación. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de investigación. 183p.
- Bertsch, F. 2005. Estudio de la absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones agronómicas*, 57: 1-10.
- CATIE 2000. Cuadernos prácticos de capacitación para productores y técnicos de café. 30p.
- Chaves, J.C.D., y J.R. Sarruge. 1984. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brasil)* 19(4):427-432.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Guía práctica Producción de café con sombra maderable. La Lima, Cortez, HN. 18 p.
- Forrester D, I.; Bauhus, J; Cowie A, L; Vanclay, J. 2006. Mixed-species plantations: of *Eucalyptus globules* and *Acacia mearnsii* with nitrogen-fixing trees: a review. *For. Ecol. Managem.* 233:211–230.
- FUNICA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal); UPOLI (Universidad Politécnica de Nicaragua); ICIDRI (Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integrado); UNA (Universidad Nacional Agraria); ESETECA (Empresa de Servicios Tecnológicos Agropecuarios S.A.), 2013. Validación de Alternativas no sintéticas en el manejo integrado de plagas del café en el pacifico sur de Nicaragua. 11p.

- Gialluly, M. 1958. Factors affecting the inherent quality of green coffee. *Coffee and Tea industries*. 81 (127 – 132).
- Gliessman S, R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. CR. 359 p.
- Haggar J., E de Melo y C. Staver 2003. Sostenibilidad y sinergismo en café agroforestal. Ensayo de sistemas para la producción de café. Programa Regional CATIE/MIP – AF (NORAD). 102p.
- Hättenschwiler, S; Tiunov A, V.Scheu, S. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:191–218.
- Heuveldop, J.; Fassbender, H. W.; Alpizar, L.; Enriquez, G.; Folster, H. 1988. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. II. Cacao and wood production, litter production and decomposition. *Agroforestry Systems* 6: 37 – 48.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Guía de especies forestales de Nicaragua. Managua, NI. Ed de Arte, S.A. 1. Ed. 304 p.
- Meter J; Kutner M; Nachfsheim C; Wasserman W. 1996. Introduction to non linear regression in applied linear statistical models. 4.ed. McGraw-Hill, US. c.13. p 531-566.
- Monfongoya P, L; Guiller K, E; Palm C, A. 1998. Decomposition and nutrient release patterns of the leave of three legumes. *Biotopica*. 22 (4): 330-608.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2001. Manual técnico buenas prácticas de cultivo orgánico. CR. 104 p.
- Palm, C. A.; Sánchez, P. A. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three legumes. *Biotropica* 22(4): 330 – 338.
- Pareja, M. 1986. Biología y Ecología de Malezas como base para el desarrollo de programas de manejo integrado de Malezas (MIM). CATIE. No 1.
- Ramirez F., F, Bertsch y L. Mora 2002. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26 (1) 33-42.
- Russo, R.O; Botero.R. 1996. Nitrogen fixing trees for animal production on acid soils. *In*: Powell, M.H. (ed.). Nitrogen fixing trees for acid soils: a field manual. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Morrilton, Arkansas. pp 31-39.
- Sadeghian K, S; Mejía M, B; González O, H. 2013. (a). Acumulación de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en los frutos de café. *Avances Técnicos Cenicafe*. 409: 1-8.

- Sadeghian K, S; Mejia M, B; Gonzalez O, H.2013. (b). Acumulación de Calcio, Magnesio y Azufre en los frutos de café. Avances Técnicos Cenicafe. 430: 1-8.
- Sancho V, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. Informes Agronómicos. no. 36: 11-13.
- Sesión con investigadores/as y productores/ras (2012, Masatepe, Masaya) 2012.Sostenibilidad y sinergismo en café agroforestal: Un estudio entre las interacciones entre el café, las plagas, la fertilidad del suelo y los árboles. Masaya, NI. 32 p.
- Souza, V.H. da S., M. Maestri, J.M. Braga, y J.R.P. Chaves. 1975. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café Coffea arabica L. Var. Mundo Novo. Revista CERES, 22(123):318-331.
- Velásquez V, S E; González M, J I. 2012. Crecimiento de los árboles de sombra y su contribución a una producción agroecológica en sistemas cafetaleros del departamento de Masaya- Nicaragua. Tesis. Ing. Forestal. Managua, NI. UNA. 59 p.

ANEXOS

Anexo 1.

Cuadro 3. Estudio de cuatro combinaciones de sombra, café a pleno sol y cuatro niveles de insumos establecidos en la repetición El Níspero, CENECOOP, Masatepe, 2000

Parcela principal		Sub parcela	
Especie de sombra	Descripción	Nivel de Insumo	Descripción
ILSG	<i>Inga laurina-Simarouba glauca</i> (<i>Guabillo-Acetuno</i>)	CM	Convencional Moderado
		OI	Orgánico Intensivo
SSTR	<i>Samanea saman-Tabebuia rosea</i> (<i>Genízaro-Roble</i>)	CM	Convencional Moderado
		OI	Orgánico Intensivo
SSIL	<i>Samanea saman-Inga laurina</i> (<i>Genízaro-Guabillo</i>)	CI	Convencional Intensivo
		OI	Orgánico Intensivo
		CM	Convencional Moderado
		OM	Orgánico Moderado
SGTR	<i>Simarouba glauca-Tabebuia rosea</i> (<i>Acetuno-Roble</i>)	CI	Convencional Intensivo
		OI	Orgánico Intensivo
		CM	Convencional Moderado
		OM	Orgánico Moderado
SOL	Pleno sol	CI	Convencional Intensivo
		CM	Convencional Moderado

Anexo 2.

Cuadro 4. Descripción de los niveles de fertilización convencional y orgánica

Nivel de insumo	Insumos	Dosis de aplicación	Fecha de aplicación
Convencional intensivo	27-9-18	38 g/planta	Julio
	12-30-10	70 g/planta	Agosto
	UREA + Muriato de Potasio	40 g + 10 g	Octubre
	Foliales: UREA + Zinc + Boro + Adherente	5.6 g + 1.5 g/l de agua + 1 cc/l de agua	Marzo, junio, agosto, octubre
Orgánico intensivo	Pulpa de café	5libras/planta	Marzo
	Compost “Bioperla”	4 libras/ planta	Agosto
	Biofermentado	100 cc/l de agua	Mensual
Convencional moderado	27-9-18	19.5 g/planta	Julio
	12-30-10	35 g/ planta	Agosto
	UREA + Muriato de Potasio	20 g + 5 g	Octubre
	Foliales: UREA + Zinc + Boro + Adherente	5.6 g + 1.25 + 1.5 g/l de agua + 1 cc/l de agua	Marzo y octubre
Orgánico moderado	Pulpa de café	5 libras/planta	Marzo

Anexo 3.

Cuadro 5. Especies arbóreas establecidas en el ensayo

Especies	Características					
	Nombre común	Altura (Max)	Diámetro	Forma de copa	Fijación de Nitrógeno	Uso
<i>Simarouba glauca</i>	Acetuno	35 m	0.7 m	Forma de sombrilla follaje claro y abierto	No	Maderable
<i>Tabebuia rosea</i>	Falso Roble, Roble Sabanero	20 m	1 m	Forma cónica o irregular con follaje abierto liviano	No	Maderable
<i>Samanea saman</i>	Genízaro	30 m	1.2 m	Copa densa y extendida	Si	Maderable
<i>Inga laurina</i>	Guaba	18 m	0.2 m	Copa amplia y de ramas largas	Si	Servicio

Fuente: MARENA, 2002

Anexo 4.

Cuadro 6. Práctica de manejo de malezas en los diferentes tratamientos en estudio

Nivel de Insumo	Control	Insumo	Dosis de Aplicación
Convencional Intensivo	- Chapia, Carrileo - Dos aplicaciones herbicidas	Herbicidas: Glifosato 35.6 S.L. Glifosato 35.6 S.L. +Fomesafen 25 S.L.	5 cc/l de agua 2.5 cc/l de agua+ 2.5 cc/l de agua
Orgánico Intensivo	- Chapia - Manejo Selectivo	-----	-----
Convencional Moderado	- Chapia - Manejo Selectivo - Una aplicación herbicida	Glifosato 35.6 S.L.	4 cc/l de agua
Orgánico Moderado	- Chapia y Carrileo - Manejo Selectivo		

Anexo 5.

Cuadro 7. Prácticas de manejo de las principales plagas del café según el tratamiento en estudio

Nivel de Insumo	Control.
Convencional intensivo	*Broca: Uso de trampas (marzo – agosto) 1 Aplicación de Endosulfán 35 E.C. (3. 5 cc/litros de agua en 2005 y 2007) **Gallina ciega: Aplicación de Counter 5 g/hoyo
Orgánico intensivo	*Broca: uso de trampas (marzo-agosto) Uso de Beauveria bassiana (Ecoviol) 10/10 Pepena – repela (marzo) **Gallina ciega: Torta de neem, 10 g/hoyo
Convencional moderado	*Broca: Uso de trampas 1 Aplicación de Endosulfán 35 E.C. (3.5 cc/l agua en 2005) **Gallina ciega: Aplicación de Counter (Terbufos 10 G.R.) 5 g/hoyo
Orgánico moderado	*Broca: uso de trampas (marzo-agosto) Pepena-repela (marzo) **Gallina ciega: Torta de neem, 10 g/hoyo

*Broca: *Hypothenemus hampei* Ferr; **Gallina ciega: *Phyllophaga* spp.

Anexo 6.

Cuadro 8. Prácticas de manejo de las enfermedades en los diferentes tratamientos en estudio

Nivel de insumo	Manejo
Convencional intensivo	Aplicación preventiva de cobre con dosis de 2.5 g/l de agua, (mayo-julio). Dos aplicaciones de Anvil con dosis de 3 cc/l de agua (agosto-septiembre, octubre-noviembre). Poda de saneamiento para marchitez lenta
Orgánico intensivo	Aplicación preventiva de caldo sulfocálcico, con dosis de 50 cc/l de agua (junio) Aplicación de cal, 1lb/hueco (junio-julio) Poda de saneamiento para marchitez lenta
Convencional moderado	Aplicación preventiva de cobre con dosis de 2.5 g/l de agua (mayo-julio)
Orgánico moderado	Poda de saneamiento Aplicación de cal, 1 libras/planta

Anexo 7.

Cuadro 9. Análisis de los componentes químicos del suelo del ensayo de sistemas. Masatepe, Nicaragua.

Factor de estudio		M.O.	pH	N	P	K	Ca	Mg
Sombra	Insumo	%			mg/kg			
ILSS	CI	11.51	5.4	0.56	24.2	0.81	10.44	2.55
	CM	10.94	5.8	0.51	9.8	0.63	10.36	2.85
	OI	12.54	6.1	0.6	20.2	1.06	14.9	2.58
	OM	11.81	5.8	0.55	8.2	1.06	9.01	2.45
TRSG	CI	9.31	5.6	0.45	12.7	0.59	10.64	3.59
	CM	10.97	5.9	0.5	7.8	0.79	9.97	2.88
	OI	11.85	6.3	0.56	24.9	1.42	17.2	3.7
	OM	12.87	5.8	0.58	7.2	1.1	9.49	2.74

Anexo 8.

Cuadro 10. Análisis de los componentes químicos del suelo, para el estudio de dos combinaciones de sombra y cuatro niveles de fertilización. Ensayo 1.

Factor de estudio		M.O.	pH	N	P	K	Ca	Mg
Sombra	Insumo	%			mg/kg			
ILSS		11.7	5.78	0.56	15.6	0.89	11.18	2.61
TRSG		11.25	5.9	0.52	13.15	0.98	11.83	3.23
	CI	10.41	5.5	0.51	18.45	0.7	10.54	3.07
	CM	10.96	5.85	0.51	8.8	0.71	10.17	2.87
	OI	12.2	6.2	0.58	22.55	1.24	16.05	3.14
	OM	12.34	5.8	0.57	7.7	1.08	9.25	2.6

Anexo 9.

Cuadro 11. Análisis de los componentes químicos del suelo, en café bajo cuatro combinaciones de sombra y a plena exposición solar. Masatepe, Nicaragua.

Factor de estudio	Profundidad	M.O.	pH	N	P	K	Ca	Mg
	cm	%			mg/kg			
ILSS	10	10.83	5.6	0.51	15.4	0.76	8.69	1.82
	1020	11.05	6.0	0.50	4.2	0.50	12.03	3.87
	2040	8.09	6.1	0.34	1.9	0.32	11.09	4.30
TRSG	10	10.45	5.8	0.45	3.7	0.72	7.91	2.04
	1020	11.5	5.9	0.54	11.9	0.85	12.03	3.72
	2040	6.88	6.1	0.31	3.1	0.30	10.08	3.61
TRSS	10	11.62	5.5	0.58	34.5	0.53	6.82	1.70
	1020	11.14	5.8	0.57	5.5	0.26	9.29	2.58
	2040	9.05	5.6	0.41	3.5	0.42	8.14	2.55
ILSG	10	14.15	5.3	0.69	24.6	0.79	12.99	2.72
	1020	11.79	5.5	0.55	16.7	0.44	11.02	2.57
	2040	10.52	5.8	0.48	3.9	0.41	10.03	2.80
SOL	10	5.33	6.7	0.26	29.7	1.37	20.12	7.07
	1020	4.47	6.7	0.21	23.3	1.20	19.72	7.46
	2040	3.17	6.9	0.14	7.9	0.89	19.12	8.00

Anexo 10.

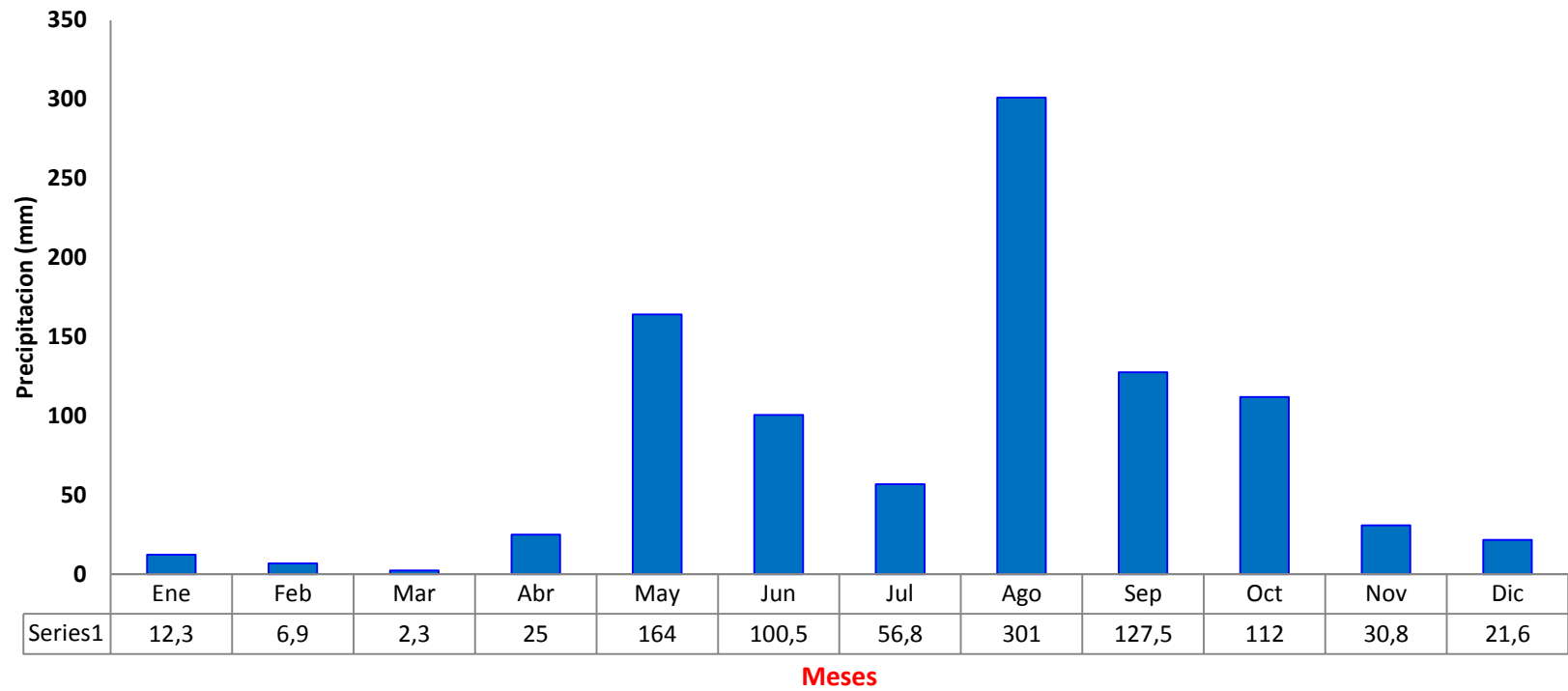


Figura14. Precipitación acumulada, Masatepe, 2012.