

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa
UNAN FAREM – Matagalpa



Monografía para optar el Título de Ingeniería Agronómica

Programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras en condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014

Autores:

Br. Ciro Alfonso Molinares Zeledón

Br. Alex Danilo Castilblanco Urbina

Tutor:

MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz

Asesor:

MSc. Rafael Antonio Úbeda Herrera

Matagalpa, junio de 2015

Índice

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
OPINIÓN DEL TUTOR.....	iv
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	6
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
V. OBJETIVOS.....	9
VI. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	10
VII. MARCO TEÓRICO.....	11
7.1. Ecología del cultivo de café.....	11
7.1.1. <i>Temperatura</i>	11
7.1.2. <i>Precipitación</i>	11
7.1.3. <i>Humedad relativa</i>	12
7.1.4. <i>Radiación solar</i>	12
7.1.5. <i>Vientos</i>	12
7.1.6. <i>Suelos</i>	13
7.2. Botánica del cultivo de café.....	13
7.2.1. <i>Morfología General</i>	13
7.2.2. <i>Anatomía general</i>	14
7.3. Manejo de café.....	18
7.3.1. Manejo de Sombra en cafetal.....	18
7.3.2. Manejo de tejidos de café.....	20
7.3.3. Manejo de maleza en café.....	23
7.3.4. <i>Fertilización en cafetales</i>	28
7.4. Manejo de las enfermedades del café.....	33
7.4.1. <i>Agente causal de la Roya del café (Hemileia vastatrix)</i>	33
7.4.1.3. <i>Control</i>	38
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	42
8.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	42

8.2. Condiciones climáticas	43
8.3. Tipo de estudio	43
8.4. Población y muestra	44
8.5. Materiales y métodos	44
8.6. Variables medidas	45
8.6.1. <i>Incidencia de roya</i>	45
8.6.2. <i>Tipo de manejo de roya</i>	45
8.6.3. <i>Repercusión de la roya en la producción de café</i>	46
8.6.4. <i>Efectividad de labores</i>	46
8.Operacionalización de variables	47
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
9.1. Datos edafoclimáticos de las zonas de estudio	49
9.2. Densidad poblacional	50
9.3. Incidencia de roya en las fincas cafetaleras.....	51
9.4. Manejo de roya	53
9.4.1. Manejo químico	53
9.4.2. Manejo cultural	55
9.5. Análisis de suelos	64
9.6. Producción de café	69
9.6.1. Producción de café por ciclo	69
9.6.2. Rendimientos productivos de las fincas de estudio	70
X. CONCLUSIONES	72
XI. RECOMENDACIONES	73
XII. BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	78

DEDICATORIA

Le Dedico primeramente a Dios, por darme la oportunidad de culminar mi estudio, de finalizar una meta que empecé hace casi 18 años.

A mi padre Alfredo Molinares Pineda (q.e.p.d), por ser mi base para luchar por las cosas que uno se propone y lograr terminar lo que uno empieza, en este caso mi trayectoria académica, quien se sentiría orgulloso de verme formado como un profesional.

De manera muy especial y con mucho cariño a mi Madre Alba María Zeledón López y a mis hermanos (as), ya que sin su ayuda y su apoyo incondicional no habría logrado concluir este nuevo triunfo en mi vida.

Br. Ciro Alfonso Molinares Zeledón

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida.

A mi madre, Leyla María Castilblanco Urbina por todo el apoyo y ayuda que me ha brindado con tanto cariño, que me ha permitido lograr este importante triunfo académico.

Br. Alex Danilo Castilblanco Urbina

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por darme capacidad, entendimiento, sabiduría, inteligencia para lograr culminar esta labor académica.

A nuestro MSc. Francisco Javier Chavarría Arauz, por su paciencia, dedicación, esfuerzo, tiempo dedicado en la presente investigación.

A nuestro asesor MSc. Rafael Úbeda por la paciencia y ayuda que nos brindó, mediante la aclaración a dudas y correcciones realizada en monografía.

Un agradecimiento muy especial a cada uno de los encuestados por brindarnos tiempo, apoyo e información necesaria para la realización de esta investigación.

Al Ing. Byron Molinares por brindarnos su apoyo en la visita de la fincas correspondientes.

A nuestros maestros por sus conocimientos impartidos en todo el lapso de la carrera, los cuales siempre estuvieron ahí para aclaraciones de cualquier duda.

Br. Ciro Alfonso Molinares Zeledón

Br. Alex Danilo Castilblanco Urbina

OPINIÓN DEL TUTOR

Luego de revisar informe de tesis monográfica presentada por los egresados Alex Danilo Castilblanco Urbina, Número de Carnet 10061281 y Ciro Alfonso Molinares Zeledón, con Número de Carnet 10063130, bajo el título “Programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras en condiciones edafoclimáticas del Departamento de Matagalpa, Segundo Semestre del 2014”. De la cual soy tutor y considerando que el mismo cumple con la coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones. Por este medio **Avalo la entrega** del mismo para su debida defensa ante Tribunal Examinador que se designe para ello.

Cabe mencionar que el estudio que llevaron a cabo Castilblanco y Molinares, se convierte en una valiosa colaboración para el manejo integrado de la roya en el café, considerando la importancia estratégica de este cultivo para nuestra Región y el país entero.

Considero meritorio resaltar el gran esfuerzo y dedicación que los colegas Castilblanco y Molinares, quienes a pesar de los obstáculos que se les presentaron, no desfallecieron, dejando un gran aporte a la caficultura Matagalpina.

Que Dios Jehová les bendiga para que logren alcanzar más metas.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

RESUMEN

En el departamento de Matagalpa (Nicaragua) se realizó una investigación con el propósito de evaluar los programas de manejo de roya en diferentes condiciones edafoclimáticas, para que sirva de referencia a cafetaleros para el control de esta enfermedad. El enfoque empleado en la investigación es de carácter descriptivo cuali-cuantitativo y de corte transversal, el instrumento utilizado es una encuesta realizada a los productores. En este estudio se muestrearon cinco fincas cafetaleras, consideradas como las de mejor productividad. Se estudio la densidad de siembra que en promedio fue de 4589 plantas/ha, el promedio de incidencia de roya en este ciclo fue de 4.158 %; el 100 % de la muestra realiza rotaciones de fungicidas cuyos ingredientes activo son un triazol mas una estrobirulina, la frecuencia de aplicación son de 45 días como promedio, la regulación de sombra la realizan una a dos veces al año donde el mayor porcentaje que mantienen en los cafetales es de 40 % y el menor de 10 %; la poda en bloque selectiva es la de mayor uso, el 80 % de la muestra opta como mejor solución la implementación de variedades con resistencia a roya. El control de maleza lo realizan manual y químico en su totalidad; el 80 % realiza análisis de suelo que son la base en su fertilización, la finca de mejor rendimiento es La Cumplida con 2.44 Tn/Ha oro en el ciclo (2014-2015) y la de menor rendimiento El Limón con 1.73 Tn/Ha oro en ciclo (2014-2015).

I. INTRODUCCIÓN

El café es el rubro de mayor importancia en el sector agrícola de Nicaragua, ocupa el sexto lugar en el PIB, siendo el principal producto de exportación con un 18.2 % de las exportaciones totales (MAGFOR, 2013).

Matagalpa y Jinotega cuentan con 80,000 manzanas (56,000 hectáreas) correspondiente a 60 % de la producción nacional (Guhuray, Monterrey, Monterroso, & Staver, 2000). La mayoría de los cafetales en Nicaragua se encuentra en la región norte del país, donde Matagalpa y Jinotega son considerados los principales productores del rubro a nivel nacional.

Los cafetales de Nicaragua, han sido uno de los afectados por la roya entre los países de centroamérica, según la Organización Internacional de Café (OIC) y han detectado una incidencia promedio del 50 % en el área sembrada de café en la región centroamericana; en nuestro país las afectaciones han alcanzado un 37% de los cafetales (La Prensa, 2013).

Siendo un cultivo tan importante para la economía y desarrollo del país, es necesario conocer sobre técnicas y prácticas que puedan servir para el mejoramiento productivo del café, y así mismo sirva de ayuda para mejorar el control de las principales enfermedades que afectan al café en el país, principalmente la roya.

El propósito del estudio consistió en identificar los programas de manejo de café (*Hemileia vastatrix*) en fincas del departamento de Matagalpa, con el fin de proponer alternativas a estos programas de manejo de roya. El instrumento que se aplicó fue una encuesta a los productores seleccionados como muestra en el departamento de Matagalpa, para conocer la forma de trabajo, las principales afectaciones por roya, el manejo fitosanitario que le brindan a sus cafetales y los rendimientos productivos.

Este trabajo beneficiará a a todos aquellos productores de café con alta incidencia de roya en sus cafetales, el cual les brindará alternativas y soluciones eficientes para el control de esta enfermedad, teniendo una mejor visión, conocimiento y alternativas para mejorar el manejo agrómico del café, tomando de referencia fincas de élite en el departamento de Matagalpa: La Cumplida, INA Tepeyac, El Limón, Santa Ana y Zaragoza.

II. ANTECEDENTES

El café es un producto cultivado en los países de clima tropical, de ahí que mayormente es producido por los países en desarrollo, constituyéndose en el principal rubro de exportación agrícola y primera fuente generadora de divisas después del petróleo, además de mostrar grandes perspectivas de desarrollo en el mercado internacional (MINAGRI, 2013).

La roya del café apareció por primera vez en Centroamérica en 1976, pero nunca había afectado la producción tan gravemente como en el ciclo 2012-2013. Cinco países de la región declararon el brote como emergencia nacional, debido a sus serias repercusiones socioeconómicas, las cuales se han profundizado por la grave baja de los precios del grano. De la superficie total (593.037 hectáreas) destinada al cultivo del café en el período 2012-2013, en los siete países miembros del PROMECAFE y en Nicaragua, el 55 % fueron afectados por la roya. Las pérdidas en el sector cafetalero se han estimado en más de 19 % (3,5 millones de sacos de café de 60 kg) o US\$ 499 millones (16 % de la producción total). Más del 80% de los caficultores son pequeños productores que carecen de otras fuentes de ingresos. Los trabajadores desplazados se estiman en 373.584 personas (el 17,2% de la fuerza laboral del sector).

Cerca de 1,9 millones de personas dependen del café para su sustento, incluidos algunos de los trabajadores sin tierra más pobres de la región (García, 2013).

Según estimaciones del MAGFOR, citado por FUNIDES (2013), en Nicaragua hay 43 mil productores de café, de los cuales el 93 % son pequeños productores (de 1 a 5 manzanas) ubicados principalmente en los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Las Segovias. Hay establecidas unas 180 mil manzanas de café, de las cuales 172.5 miles están siendo cosechadas en el ciclo 2012-2013. El rendimiento promedio es de menos de 17 qq/ha., el más bajo de la región, que incluso fue afectado por el reciente brote de roya y antracnosis.

De acuerdo al grado de incidencia de roya en el café, se estima que la producción 2012/2013 de la zona Norte se vio afectada aproximadamente entre 20 y 30 %. El aumento de la Antracnosis trajo como consecuencia afectación a la calidad de los frutos y su efecto sobre la calidad de taza. Sin embargo, el efecto mayor se vio en la cosecha 2013/2014, por la reducida capacidad de la planta para sostener la floración y formación de los frutos, también por las pérdidas de población de plantas por área (FUNIDES, 2013).

El Gobierno de Nicaragua, junto con el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), ejecutan un plan especial contra la roya que incluye medidas fitosanitarias, transferencias tecnológicas, capacitación y un programa de renovación de cafetales con variedades resistentes al hongo (Prensa Libre, 2014)

Estudios realizados en la región de Coatepec, Veracruz, México por Morales (2011), establecen que las variaciones en la temperatura y la humedad relativa afectan la incidencia y distribución de la roya del café, asimismo, la elevación de la temperatura media puede favorecer el aumento de la incidencia de la roya, ya que una temperatura cercana a los 23 °C favorece la germinación de las uredosporas, ocasionando mayores porcentajes de infestación.

En trabajo monográfico realizado en la comunidad de Moyuta, Jutiapa, Guatemala por Guerra (2004), se encontró que las prácticas como manejo de la sombra, manejo de tejido del cultivo específicamente, así como las limpiezas correspondientes y un plan adecuado de fertilización en base a un análisis de suelos han permitido una reducción y en muchos casos la total desaparición de enfermedades fungosas que han afectado al cultivo del café.

En un estudio realizado por López (2010) en Turrialba, Costa Rica, se llegó a la conclusión que existe un efecto positivo de la carga fructífera sobre la incidencia y

severidad de la roya del café (menor afectación de la roya en las plantas sin o con poca producción que en plantas con mucha producción).

En un trabajo realizado en Managua, Nicaragua por Lara (1997), se aplicó *Bacillus thuringiensis* en donde se logró un porcentaje de protección desde 67 – 99 % en los períodos de incubación y latencia de roya, presentando períodos de protección de 17 a 60 días; sin embargo una vez iniciada la enfermedad no afecta el desarrollo de esta.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en Nicaragua, los niveles de incidencia de enfermedades y plagas, están determinadas por un complejo de enfermedades entre ellas ojo de gallo, antracnosis, mancha de hierro, mal de hilachas, pero la que presenta mayor incidencia es la roya, con un 37 % de afectaciones a nivel nacional (MAGFOR, 2013).

La incidencia de la roya del café ha afectado los índices productivos de casi todos los productores de café del país, ocasionando pérdidas económicas que han afectado directamente a la economía principal de Nicaragua.

Según el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, OIRSA citado por Rugama (2014), en Nueva Segovia, Madriz y Estelí vieron sus cultivos afectados entre un 25 y un 30 % y unas 32,000 personas perdieron sus empleos directos en fincas de todo el país

Debido a problemas que causa la roya (*Hemileia vastatrix*), tanto en la fitosanidad del café en su producción y en la economía del productor, es necesario encontrar una solución sostenible que no afecte el medio ambiente y que controle la incidencia de esta enfermedad, para elevar los índices productivos del cultivo, que es una de las bases de la economía nacional.

Los expertos coinciden en que el actual brote de roya del café se debe a múltiples factores y que está asociado a prácticas agrícolas inadecuadas, sumadas a eventos climáticos y a los bajos precios del café. Muchos agricultores no han invertido en el manejo de sombra, fertilización, monitoreo o fumigación, además de que no se han renovado antiguas plantaciones y algunas contienen variedades altamente susceptibles a la roya. A lo anterior se suma la variabilidad climática y el aumento de la temperatura media durante los últimos años, factores que habrían generado condiciones favorables para el brote del patógeno (García, 2013).

Según estimaciones de Oxfam, citado por la Prensa Libre (2014), el corte de café en Nicaragua genera de 500,000 a 600,000 empleos entre permanentes y temporales.

Citando al MAGFOR (2013), Matagalpa y Jinotega representan el 63 % del área cafetalera del país, los cuales son los mayores afectados económicamente, debido a que el rubro del café es la base económica de estos departamentos; por tanto el daño causado por la afectación de roya en las plantaciones de café en estas zonas ha traído reducción en la producción de café y por ende, la cantidad de empleo se redujo.

Es por esto que es muy importante que fincas cafetaleras de Matagalpa y Jinotega tengan un buen plan de manejo contra esta enfermedad, para asegurar los bajos índices de incidencia y evitar problemas que puedan afectar financieramente a los productores nicaragüenses. Se beneficiarán los productores, ya que un buen manejo en las plantaciones tendrá plantas sanas o de baja afectación de enfermedades, por tanto mayor fecundación de frutos y mayor índice productivo al final de la cosecha. Los resultados del presente estudio, servirán de fuente de consulta para estudiantes y docentes pero de igual manera aporta elementos para tomadores de decisiones en el campo agrícola y el desarrollo rural.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las enfermedades del café, entre estas la roya (*Hemileia vastatrix*), ocasionan caída de hojas, frutos; muerte de ramas y en consecuencia provocan disminución de los rendimientos y longevidad de la planta. Estas enfermedades se pueden ver favorecidas por un manejo deficiente del cultivo, principalmente del manejo nutricional (Úbeda, 1996).

De acuerdo a lo establecido anteriormente se planteó lo siguiente

4.1. Pregunta general

¿Cómo inciden los programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014?

4.2. Preguntas específicas

¿Cuál ha sido el nivel de incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014?

¿Cómo repercute la roya (*Hemileia vastatrix*) en los programas de manejo de cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014?

¿Cuál ha sido el impacto de la roya (*Hemileia vastatrix*) sobre los rendimientos productivos en cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014?

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Identificar cómo incide programa de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras de condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.

5.2. Objetivos específicos

Determinar niveles de incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.

Describir los tipos de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) de cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.

Estimar la repercusión de roya (*Hemileia vastatrix*) en los rendimientos productivos del café en cinco fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.

Proponer alternativas para los programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en fincas cafetaleras bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014.

VI. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

6.1. Hipótesis general

Las condiciones edafoclimáticas de cinco fincas cafetaleras del departamento de Matagalpa no inciden en los programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*).

6.2. Hipótesis específicas

Los índices de afectación de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras no están determinados por las condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa.

Las condiciones edafoclimáticas de cinco fincas cafetaleras del departamento de Matagalpa no determina el tipo de manejo contra la roya (*Hemileia vastatrix*).

Las condiciones edafoclimáticas de cinco fincas cafetaleras del departamento de Matagalpa no incide en la repercusión de roya (*Hemileia vastatrix*) en los rendimientos productivos del café.

Las alternativas para los programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*) en cinco fincas cafetaleras no están determinadas por las condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Ecología del cultivo de café

La producción exitosa del café está fuertemente condicionada por factores ambientales, entre los que cuales se destacan la temperatura, precipitaciones, radiación solar, viento y suelos. Considerando lo anterior, tanto los excesos como los faltantes de un factor o elementos del ambiente pueden tornarse limitantes para el cultivo (Baylón, Contreras, Medina, Tórrez, & Zelaya , 1996).

7.1.1. *Temperatura*

Según CICAFFE (2011), la temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 °C. Temperaturas inferiores a 10 °C. provocan clorosis y paralización del crecimientos de las hojas jóvenes.

En Nicaragua, las temperaturas más altas para el café se encuentran alrededor de los 600 msnm, mientras que los más bajos en alturas superiores a los 1500 msnm; así que en términos generales, las altitudes óptimas para café están ubicadas entre 900-1200 msnm (INIFOM, 1999).

7.1.2. *Precipitación*

Baylón, *et al* (1996) establece que existen dos componentes importantes de la precipitación que determina el buen comportamiento del cafeto, cantidad y distribución: 1600-1800 mm bien distribuidos, con períodos secos definidos de dos a tres meses como condición óptima.

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importante, para el buen desarrollo del cafeto. Con escasez de lluvia se limita el crecimiento de la planta y sequías prolongadas pueden ocasionar defoliación.

7.1.3. Humedad relativa

Cuando alcanzan niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas (CICAPE, 2011).

Es de suma importancia realizar controles de sombra en el cafetal, ya que la humedad relativa será mayor en los cafetos que se encuentren bajo sombra, que en los expuestos al sol, debido a que la sombra reduce la temperatura y en consecuencia la evaporación, transpiración y velocidad del viento.

7.1.4. Radiación solar

El cafeto aprovecha aproximadamente uno por ciento de la luz solar incidente para el proceso fotosintético. Si la temperatura de la hoja sobrepasa los 34 °C, el nivel de asimilación será prácticamente cero, por ello, el coeficiente de fotosíntesis de las plantas bajo sombra es más alto que cuando están a plena exposición solar (Jiménez, 2007).

La historia muestra que el cafeto se encontró en un ambiente natural bajo sombra y en Nicaragua se cultiva el café bajo sombras, ya que ésta permite regular la penetración de luz solar necesaria para propiciar un mejor desarrollo y mayor longevidad de los cafetales.

7.1.5. Vientos

CICAPE (2011) establece que fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades.

Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompevientos para evitar la acción de éste.

7.1.6. Suelos

La fertilidad del suelo son diversas, y en ocasiones contradictorias, las definiciones acerca de la fertilidad del suelo, sin embargo, se acepta que en esencia hace referencia a la capacidad que posee el medio edáfico para suplir los elementos esenciales que demandan las plantas para su metabolismo (Sadeghian, 2008).

Un suelo fértil posee una reserva adecuada y balanceada de nutrientes, suficientemente disponible para soportar los requerimientos nutricionales de los cultivos.

7.2. Botánica del cultivo de café

El café pertenece al género *Coffea* de la familia Rubiáceas. De acuerdo a Chevalier, citado por Baylón *et al* (1996), esta familia consta de 500 géneros y entre 6,000 a 8,000 especies de las cuales, una docena tienen interés desde el ángulo cafetalero. Del género *Coffea*, en ésta se encuentran los cultivares más importantes explotados como cafés suaves: caturra, catuaí, etcétera.

7.2.1. Morfología General

La planta del café arábico se forma normalmente de un solo eje o tallo central en cuyo extremo presenta una parte meristemática en continuo crecimiento, lo que origina la formación de nudos y entrenudos. En los primeros ocho a diez nudos de una planta joven sólo se forman hojas, a partir de ahí se forman ramas laterales o bandolas. El alargamiento del tallo y ramas de forma continua, sumado al crecimiento vertical, da a la planta un aspecto cónico (Baylón *et al*, 1996).

7.2.2. Anatomía general

7.2.2.1. Sistema Radical

La raíz principal es pivotante, de 50-60 cm de longitud, de ésta, se originan las raíces axiales o de sostén y las laterales que se extienden horizontalmente, de donde brotan las raicillas que son las que absorben el agua y nutrientes del suelo. El 80 % de ellas se concentran en los primeros 30 cm de suelo y cubren un diámetro de 1.5 m a partir del tronco. La raíz es de mucha importancia desde que está en la etapa de semillero, ya que si se deja para el trasplante una raíz deformada, ésta repercutirá en la planta adulta (Baylón et al, 1996).

7.2.2.2. Tallo y ramas

Es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y tipo de suelo; en las variedades comerciales varía entre dos y cinco metros de altura (Alvarado & Rojas, 1994).

El eje central o tallo ortotrópico en el café arábico, produce normalmente sólo yemas vegetativas, nunca flores. Las ramas laterales o plagiotrópicas son las que producen flores y frutos. Si el punto apical de crecimiento del eje ortotrópico es destruido se desarrollan yemas en el lado inferior de las hojas que primero crecen en sentido horizontal, luego se doblan y crecen verticalmente formando una rama ortotrópica o chupón, que a su vez forma hojas y ramas laterales. (Baylón et al, 1996).

Según Alvarado y Rojas (1994) el café presenta la particularidad de producir tres tipos de yemas que originan diferentes partes de la planta: el tallo, bandolas y hojas.

En la definición morfológica del cafeto intervienen dos tipos de yemas: cabezas de serie y seriadas, las cuales, se comportan diferentes al encontrarse en crecimiento

ortotrópico o plagiotrópicas, las primeras siempre dan origen a ramas plagiotrópicas; mientras que las segundas originan ejes ortotrópicos o chupones en el tallo principal y normalmente flores en las ramas (plagiotrópicas) (Baylón *et al*, 1996).

Es importante señalar que en el axila de cada hoja se forma solamente una yema “cabeza de serie” por lo cual, la rama plagiotrópica a que da lugar no puede ser reemplazada en caso de perderse cualquiera que sea edad del arbusto. La cosecha se concentra en el crecimiento nuevo de ramas inferiores y cerca del ápice, las axilas florales sólo producen una vez. Es por esto que la producción anual se incrementa durante los primeros años, luego disminuye drásticamente. Para evitar esta situación se utilizan los sistemas de poda o recepa (Baylón *et al*, 1996).

7.2.2.3. Hojas

La lámina de la hoja mide de 12 a 24 a cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada (Alvarado & Rojas, 1994).

El tamaño de la hoja no solo varía entre especies y cultivares, sino también de acuerdo con las condiciones de sombra o plena exposición de sol a que este sometida.

Las hojas, individualmente tiene un período de vida de varios meses a más de un año (7 – 10 meses) y su producción es mayor durante el período de crecimiento activo (febrero-junio). El café pierde sus hojas especialmente en períodos de sequía o por otras causas (Jarquín, Obregón, & Zelaya, 1996).

7.2.2.3. Flores

Las axilas de las ramas plagiotrópicas presentan generalmente de uno a tres ejes florales, los cuales se dividen en dos a tres ramificaciones (2-4 mm) que terminan en una flor. El total de flores por axila varía de 2 a 12. En la flor individual hay en la base un receptáculo poco desarrollado que se prolonga en el cáliz (Baylón *et al*, 1996).

La corola es un tubo largo, cilíndrico en su base, que se abre arriba en cinco pétalos de color blanco. Los cinco estambres están insertados en el tubo de la corola y sostienen anteras largas que se abren longitudinalmente para soltar el polen. El gineceo está constituido por un ovario súpero, con dos óvulos; el estilo es largo, fino y termina en dos ramas estigmáticas (Baylón *et al*, 1996).

La floración del café permanece pocos días. Es inducida primero por días cortos, y posteriormente cuando hay humedad suficiente, ya sea proveniente de la lluvia o del riego. El número de floraciones varía según el patrón de precipitación de una región determinada (Alvarado & Rojas, 1994).

Cuando se abre la flor, las anteras ya han liberado gran cantidad de polen; por esta razón, la autofecundación se da en un alto porcentaje. Una vez que el polen alcanza los óvulos, la fertilización se completa durante cuatro o seis días. (Alvarado & Rojas, 1994).

7.2.2.4. Frutos

El fruto de los cultivares comerciales de café es una drupa elipsoidal, ligeramente aplanada. En el ápice del fruto maduro hay un disco (ombligo), que representa la inserción de la corola y el estilo. En el interior se encuentran dos lóculos con una semilla cada uno; aunque a veces, por anomalías fisiológicas o genéticas, se forma una semilla redonda (caracolillo) o frutos vanos (Jarquín *et al*, 1996).

Un fruto maduro normalmente se forma por: una cubierta roja o amarilla llamada epicarpio o cáscara y una envoltura resbalosa que es el mesocarpio o mucílago (ambos formas “la pulpa”) y una envoltura cartilaginosa que cubre por separado la semilla, constituye el endocarpio o “pergamino” (Jarquín *et al*, 1996).

7.2.2.5. Semilla

Está constituida en su mayor parte por el endospermo de color verdoso cuyas células contienen almidón, aceites, azúcares, alcaloides como cafeína y otras sustancias que son responsables del aroma del café cuando se tuesta y muele (Baylón *et al*, 1996).

El embrión de una semilla mide de 1 a 2 mm, consta de un hipocótilo y de dos cotiledones yuxtapuestos y mide de 2 a 5 mm de largo. Al germinar el embrión, lo primero que brota es la radícula que penetra la tierra produciendo raicillas (Alvarado & Rojas, 1994).

El hipocótilo crece y levanta los cotiledones envueltos en el pergamino; la película plateada y restos del endospermo que por último se desintegran (fósforo). Al desaparecer las coberturas los cotiledones verdes se extienden horizontalmente (papa) y entre ellos se desarrolla la plúmula que formará el resto del tallo y follaje. El proceso de germinación de la semilla hasta conformar plántulas a trasplante (Baylón *et al*, 1996).

7.3. Manejo de café

7.3.1. Manejo de Sombra en cafetal

El grado o nivel de sombra en el cafetal depende de factores ambientales como la precipitación, las horas luz, la humedad relativa, la nubosidad, como también de la arquitectura o las características de la especie vegetal seleccionada como sombrío (tasa de crecimiento y densidad de copa), de características edáficas y de la competencia por nutrientes y agua que la especie arbórea ejerza sobre el cafetal (Jarquín *et al*, 1996)

En zonas con limitaciones ambientales para el desarrollo del cafeto éste requiere de más sombra y consecuentemente, de un mayor número de árboles o mayor porcentaje de sombra y en condiciones ideales para café, el cultivo puede establecerse a plena exposición solar o con un menor número de árboles por hectárea o un menor grado de sombrío (Valencia, 2010).

En los cafetales con sombra, se observa comúnmente áreas con muy poca sombra y otras con demasiado sombrío, esto dependerá de la estructura del árbol, de su forma y desarrollo de la copa, de las distancias de siembras de los árboles.

Según Valencia (2010) un ejemplo práctico con baja densidad de siembra de los árboles o en los primeros años de desarrollo de los mismos o con la selección de una especie inadecuada para el sitio de establecimiento del sombrío del café, o un manejo excesivo de los árboles, o con ataques de plagas en determinadas épocas del año, pueden obtenerse niveles de sombreado deficientes o muy bajos para el desarrollo del cultivo (sombrío del 10 al 20 %) en lugares que así lo requiera; igualmente con densidades altas de siembra de los árboles o debido a su mal manejo (sin podas de mantenimiento y sin podas de formación), o una inadecuada distribución de los árboles en el campo, en corto tiempo se

presentarán niveles de sombreamiento excesivos (>50%) limitantes para la producción del café.

Es por eso que en plantación de café la sombra se debe manejar y regular cada año el porcentaje de sombra del plantío, para que exista la entrada de suficiente luz, calor y aire, impidiendo el desarrollo de enfermedades tales como ojo de gallo (*Mycena citricolor*), Roya (*Hemileia vastatrix*) entre otras (Jarquín, Obregón, & Zelaya, 1996).

7.3.1.1. Poda de formación

Esta labor se realiza cuando los árboles de sombra aún están jóvenes para formar un solo tronco de 4-6 m de altura y darle su copa correspondiente, de modo que no estorbe a los cafetos vecinos ni la circulación de los trabajadores en el cafetal (Mendoza, Zelaya, Contreras, & Obregón, 1996).

7.3.1.2. Poda de mantenimiento

Se efectúa anualmente para permitir suficiente luz y una buena distribución de la misma en el cafetal. Al podar es recomendable dejar tocones, para alargar la vida de la planta y que sirvan de apoyo al podador (Mendoza et al, 1996).

Esta poda se realiza para la regulación de entrada de rayos solares, y regula la temperatura del plantío ya que en época de llenado el café demanda mayor cantidad de horas luz, porque necesita mayor eficiencia en la realización fotosíntesis.

7.3.1.3. Períodos para ejecutar la regulación de sombras

Según Mendoza (1996), por el tipo de sombra que se utiliza en las zonas norte y central, la época más adecuada son los meses de marzo y abril, además se

ejecuta anterior a la poda para facilitar el arreglo de materiales (ramas caídas, troncos de árboles podados o eliminados).

Cuando se usa madero negro, sobre todo en regiones de baja altitud, se regula la sombra en el mes de septiembre, lo que estimula la formación del nuevo tejido que protegerá al cafetal en los meses más secos (marzo-abril) (Mendoza et al, 1996).

En plantaciones productivas se inicia a regular la sombra tan pronto termine la cosecha. Esta labor podrá extenderse hasta donde lo permita la iniciación de la floración, es decir, evitar la regulación cuando la plantación está en esta etapa. Para plantaciones en desarrollo se podrá realizar durante todo el año y principalmente en los meses abril-junio. En las áreas a renovarse se ejecutará después de concluida la cosecha y con un año como mínimo de anticipación a la siembra del nuevo cafetal (Mendoza et al, 1996).

7.3.2. Manejo de tejidos de café

En el cultivo del cafeto la poda es una práctica que se justifica debido a que la planta produce en las partes de la rama de crecimiento reciente; es decir, en aquellas áreas donde no ha fructificado. A través de la poda se elimina la madera vieja e improductiva y se obtiene madera joven y productiva (Sánchez, 1985).

7.3.2.1. *Tipos de podas*

7.3.2.1.1. *Poda baja o recepos*

Palma, (1998) establece que poda baja o recepo consiste en cortar el tallo de la planta a una altura de 30 a 40 centímetros del suelo, para renovar completamente los tejidos productivos. Se realiza en plantaciones deterioradas o agotadas que han bajado sensiblemente su producción.

Este es un proceso muy drástico de renovación del tejido que afecta incluso el volumen de las raíces; por esta razón, sólo se debe recurrir después de haber efectuado otras prácticas de manejo como la poda alta.

7.3.2.1.2. Poda alta o descope

Según Villeda (1999), la poda alta consiste en suspender el desarrollo vertical del cafeto mediante la poda ejecutada a una altura de 1 metro para variedades de porte bajo y a 1.20 metros para variedades de porte alto, con el propósito de estimular el crecimiento de ramas secundarias y terciarias, así como la formación de un segundo estrato de producción.

Este tipo de poda es muy adecuada para prolongar la vida productiva de un cafeto y para formar una planta de tallo vigoroso con ramas también vigorosas. Es muy favorable cuando aún no se justifica del todo la poda por recepo, en muchos casos conviene hacerla como una primera etapa previo al recepo.

7.3.2.1.3. Poda sanitaria

La poda sanitaria consiste en eliminar en una planta las partes afectadas por enfermedades tales como: ojo de gallo, antracnosis, mal de hilachas, mal rosado (Jarquín *et al*, 1996).

Este sistema de poda es de mucha importancia para mantener un control fitosanitario en el cafetal, evitando la dispersión de las enfermedades y el contagio con otros cafetos.

7.3.2.1.4. Selectiva

Ramírez (1996) establece que la poda selectiva consiste en la poda individual por planta de acuerdo con el agotamiento que cada una presenta, en razón de lo cual se puede realizar la poda a diferente altura.

Este sistema se adapta muy bien a fincas pequeñas con bajas densidades de población, además, este manejo de poda ha resultado ser el de mayor respuesta productiva en las fincas cafetaleras.

Este sistema es el que más se utiliza los países cafetaleros, con el cual se eliminan las ramas que quedan más agotadas después de la cosecha.

7.3.2.1.5. Cíclica

Bajo esta modalidad, se recepa en forma total uno de cada tres, cuatro o cinco surcos cada año. Se pueden hacer programas de poda alta, sola o combinada con recepo (Jarquín et al, 1996).

Este sistema es recomendable en plantaciones con altas densidades de siembra, y para aplicarlo es necesario considerar altura, precipitación, suelos, estado de agotamiento, etc.

7.3.2.1.6. En bloque

Consiste en recepar o descopar por parejo todos los cafetos completos. En este sistema se seleccionan bloques de cafetal que están improductivos o agotados para generar material nuevo por medio de la recepa o bien encontrar bloque de cafetal joven para descoparlos, con el fin de prolongar la vida útil de esa plantación (Villeda, 1999).

Este sistema presenta numerosas ventajas ya que pone a todos los cafetos bajo iguales condiciones de crecimiento, es fácil y económica de aplicar y los hijos de esta poda crecen sin limitaciones de espacio.

7.3.3. Manejo de maleza en café

En la caficultura sostenible el término de control de malezas se refiere a disminuir la competencia de las plantas no deseadas (malas hierbas) con el cultivo principal, sin caer en el error de dejar los suelos completamente limpios expuestos al deterioro causados por las condiciones ambientales, la nueva propuesta de control se orienta a un manejo poblacional de las malezas sin pensar en su erradicación entendiendo que la presencia de estas plantas favorece la estabilidad física, biológica y química de ecosistemas cafetalero (Ordóñez, Viera, & Hernan, 2001).

Por lo tanto se puede estimar que el control de malezas debe de ser sistemático e integrado, debido que no existe un método que resuelva todos los problemas es por eso que debe combinarse los tres controles el cultural, el químico y el manual, para mayor eficiencia en el manejo de malezas.

En las zonas cafetaleras de Nicaragua existe variabilidad de predominancia de malezas, en la región norte del país predominan malezas de hojas anchas anuales en su mayoría, de ciclo anual, siguen en importancia especies gramíneas. En el caso de la región del Pacífico Central, predominan las especies de gramíneas, principalmente las de ciclo perenne. En el caso de las hojas anchas, predominan las de ciclo perenne (Somarriba & Vallejos, 1996).

La mejor manera de ejercer un sistemas más eficiente para el control de maleza es conociendo el tipo de arvenses que se encuentran presente, teniendo conocimiento de su ciclo de vida, aspectos económicos y ecológicos del cultivo.

7.3.3.1. *Control Cultural*

Se refiere a las prácticas agronómicas que manejadas eficientemente aseguran el crecimiento vigoroso del cultivo para que pueda competir con las malezas (Somarriba & Vallejos, 1996).

Según Ordóñez (2001) existen diferentes controles culturales de malezas los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Una fertilización balanceada y oportuna traerá un buen desarrollo de la planta de café lo que permitirá competir con las malezas por espacio, agua, luz y nutrientes.
- ✓ El uso de altas densidades con variedades mejoradas produce una presión ecológica del cultivo con relación a las demás plantas siempre que sea posible se debe sembrar el cafeto en poblaciones de 3500 a 5000 plantas por manzana lo cual provocará un cierre de la calle en un menor tiempo posible, lo cual disminuirá las oportunidades para el establecimiento de malezas y consecuentemente bajando los costos operacionales.
- ✓ El uso de plantas de rápido crecimiento utilizadas como sombra temporal producen un efecto de control cultural (Musáceas: 4 por 4 ó 5 por 5 m).
- ✓ Como la planta del cafeto se defiende menos en la etapa post-trasplante y pre cosecha entonces las prácticas manuales de control básicamente serán dirigidas a eliminar las malezas localizadas en el surco o banda de goteo y a manejar selectivamente (arranque y chapea) las situadas en la calle.

7.3.3.2. *Control manual*

Consiste básicamente en la eliminación de las malezas utilizando equipo y/o las herramientas agrícolas conocidas como el machete, azadón y chapiadora

motorizadas, este método es tan antiguo como la agricultura misma (Ordóñez *et al*,2001).

Al momento de la deshierba manual hay que tener precaución por un corte en el cafeto debido que deja descubierta la corteza de la planta permitiendo la entrada de patógenos. Al hacer esta labor con azadón hay que hacerlo lo más superficial que se pueda debido que al arrastrar mucho suelo puede dejar descubierta a las raíces o dañar raíces superficiales.

Las deshierbas se clasifican en tres tipos:

- Deshierba tendida, consiste en la eliminación total de la maleza en la plantación.
- Deshierba carrilada, el corte de la maleza se efectúa en franjas a lo largo del surco y acorde al ancho de la calle.
- Deshierba caceada, se realiza el corte de la maleza solo en el área de goteo de los cafetos, esta modalidad tiene como objetivo crear las condiciones adecuadas para la aplicación de fertilizantes (Somarriba & Vallejos, 1996).

7.3.3.3. *Control químico*

Consiste en la aplicación de herbicidas que es un producto químico Fito tóxico utilizado para destruir o inhibir el crecimiento de las plantas o la germinación de las semillas. El empleo de productos químicos en la lucha contra las malezas si bien era conocido desde la antigüedad comenzó a tomar gran importancia a partir del descubrimiento de la acción herbicida de ciertas sustancias hasta entonces utilizadas como reguladores de crecimiento vegetal (Ordóñez *et al*,2001)

El control químico ofrece ventajas sobre el control manual por ser rápido en ejecución y muy eficiente, sin embargo, estas ventajas han provocado un uso irracional e inadecuado lo cual ha ocasionado algunas consecuencias negativas, entre los cuales se mencionan la acumulación de residuos en el suelo lo que provocan alteraciones que afectan al ambiente produciendo efecto negativos en el hombre y en los organismos vivos que habitan en el ecosistema cafetalero. También se ha reportado fitotoxicidad causada por el uso de herbicidas la cual se considera de gran importancia porque puede ser fácilmente confundida o atribuida a daños causados por hongos, insectos o nematodos y en algunos casos se pueden confundir con deficiencias nutricionales (Ordóñez *et al*,2001).

La magnitud del daño dependerá de la dosis de herbicidas utilizado pero estos pueden ser leves o severos, los cafetos dañados por lo general pueden presentar Malformaciones en el follaje y sistema radicular además en algunos casos también pueden presentar clorosis, necrosis y enanismo. Se debe de tener cuidado del uso continuo del mismo producto porque las maleza se hacen tolerantes hasta resistentes, debido que las malezas se adaptan a la sustancia y logran convivir con ella.

7.3.3.3.1. Clasificación de los herbicidas

- Pre emergentes

Estos son los herbicidas que se aplican antes de que broten malezas, estos productos actúan sobre la semilla de las malezas que están en estado de germinación, por ser aplicados sobre la superficie del suelo requieren lluvia después de su aplicación lo que facilitará su distribución en la zona de germinación de las malezas, estos tienen la ventaja de que no requieren incorporarse al suelo (Ordóñez *et al*,2001)

- Post emergentes

Son los que se aplican para malezas ya germinadas que alcanzan hasta 15cm de altura, pueden ser aplicados en cualquier tipo de suelos y no dependen de la condición de humedad del mismo. En algunos casos hay mayor posibilidad de riesgo de daño al cultivo, no se recomienda hacer la aplicación cuando las plantas están mojadas de rocío o de lluvia (Ordóñez *et al*,2001).

Así mismo deben transcurrir por lo menos ocho horas después de la aplicación sin llover para alcanzar el máximo efecto, en algunos casos se recomienda el uso de surfactantes para aumentar la acción de los herbicidas.

También los herbicidas post emergentes por su modo de acción se pueden clasificar en herbicidas quemantes de contacto. Estos herbicidas solo necesitan entrar en contacto con el follaje o la parte verde de la planta para dañarla además se caracteriza por causar daño únicamente en el tejido con el cual tienen contacto (Ordóñez *et al*,2001).

Herbicidas sistémicos o de translocación. Estos se caracterizan porque funcionan penetrando a las plantas al ser absorbidos por el tejido de las hojas, tallos o raíces, ya en el interior de la planta se acumulan en los meristemas en cantidades tóxicas. Estos herbicidas se pueden a la vez subdividir en hormonales y de translocación, los herbicidas sistémicos hormonales son absorbidos por la planta y penetran hasta el xilema y floema combinándose con la savia y llegando a toda la planta inclusive al sistema radicular, estos herbicidas se mueven lentamente por lo que su manera de destrucción es paulatina (Ordóñez *et al*,2001).

7.3.4. Fertilización en cafetales

Para el manejo adecuado de la nutrición del cafeto es necesario un amplio conocimiento de la planta en lo que respecta a las características particulares de su crecimiento, desarrollo y productividad (Arcila & Farfán, 2005).

La fertilización se hace con el objeto de mantener niveles adecuados de nutrientes que generalmente el suelo no suministra a la planta de forma adecuada. Para una buena fertilización es necesario conocer previamente el estado de fertilidad de los suelos y los requerimientos de la planta.

7.3.4.1. Requerimientos edáficos del café

Todas las plantas superiores, entre ellas el café, requieren 16 o más elementos que se consideran esenciales para su crecimiento, y estos pueden clasificarse según su origen en minerales y no minerales y de acuerdo a la cantidad requerida en macronutrientes y micronutrientes (Sadeghian, 2008).

Uno de los retos de la agricultura es satisfacer la demanda de los nutrientes que requiere el cultivo para evitar bajas en la producción y mantener un rango óptimo de calidad en el producto que se desea obtener.

7.3.4.2. Nutrición del cafetal

7.3.4.2.1. Macronutrientes primarios

Según ANACAFÉ (2006), los macronutrientes primarios están compuestos por nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) y el conocimiento de la función de cada uno de ellos en la nutrición del café permite reconocer la importancia de mantener niveles adecuados de estos, para contribuir a la obtención de cosechas de alta calidad.

El nitrógeno forma parte de la clorofila, interviene en el proceso de formación de tejidos y es el elemento que da mayor respuesta a la producción del cafeto, además es constituyente de los ácidos nucleicos, por lo mismo, es responsable de la información genética.

El fósforo desempeña un papel importante en la respiración, en las primeras etapas de desarrollo del cafeto, es responsable de una formación vigorosa con un buen sistema radicular y luego como promotor de la floración y del desarrollo del fruto en la etapa de producción.

El potasio es utilizado como activador enzimático, incrementa el efecto del nitrógeno y contribuye a la fijación de nitrógeno atmosférico, también controla el nivel hídrico de las hojas y mejora el color, calidad y resistencia del grano.

7.3.4.2.2. Macronutrientes secundarios

Castillo (1996), establece que los macronutrientes secundarios están compuesto por calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), estos elementos son llamados secundarios no por ser menos importantes, sino por que se requieren en menor cantidad.

El calcio estimula el desarrollo de raíces y hojas e influye en los rendimientos en forma indirecta, mejorando las condiciones de crecimiento de las raíces al reducir la acidez del suelo.

El magnesio es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas y está involucrado activamente en la fotosíntesis, ayuda en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de las plantas y en la activación de numerosos sistemas enzimáticos.

El azufre interviene en la producción de proteínas, participa en la producción de clorofila y el papel más importante, del tipo metabólico del azufre, que está relacionado con el grupo sulfhídrico, grupo activo de muchas enzimas implicadas en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.

7.3.4.2.3. *Micronutrientes*

Según ANACAFÉ (2006), los micronutrientes están compuestos por el grupo: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn) y cloro (Cl), y es llamado así por ser requeridos por las plantas en pequeñas cantidades, pues no forman parte estructural de los tejidos.

El boro desempeña funciones fisiológicas asociadas con las relaciones hídricas, metabolismo del nitrógeno y acumulación de azúcares. Tiene cierta influencia en los procesos de multiplicación y crecimiento celular, facilita los procesos respiratorios de las plantas, interviene en la reproducción de las plantas y germinación del polen.

El cobre es necesario para la formación de clorofila. La mayor cantidad está en los cloroplastos, formando la plastocianina para la transferencia de electrones.

El hierro es necesario para el mantenimiento de la clorofila en las plantas y es esencial como componente de muchas enzimas y transportadores.

El manganeso, además de actuar en la respiración, participa específicamente en el metabolismo del nitrógeno y en la fotosíntesis y ejerce influencia en el transporte y utilización del hierro en la planta.

El molibdeno es requerido para la asimilación normal de nitrógeno, es importante en el metabolismo del fósforo y del ácido ascórbico y está asociado a los mecanismos de absorción y el traslado del hierro.

El zinc favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, así como la absorción de fósforo y además es el responsable de la síntesis de auxinas (hormonas del crecimiento).

El cloro es el responsable de la expansión de la lámina foliar y de la turgencia y contribuye en la calidad de los frutos y el crecimiento de las raíces.

7.3.4.3. Fertilización del café

Los requerimientos nutricionales del café varían según el estado de crecimiento, de las cuales se distinguen las etapas de crecimiento vegetativo (desarrollo) y crecimiento productivo (producción) (Sadeghian, 2008).

Ante la expectativa de realizar una labor de fertilización, es importante conocer que requerimientos nutricionales son los necesitados por el cultivo en cada etapa, para así asegurar otorgarle aquellos elementos que son los que más demanda en cada uno de los estados de crecimiento.

7.3.4.3.1. Fertilización en plantas en desarrollo

Durante el primer año de establecimiento definitivo del café en el campo, es recomendable realizar 3 fertilizaciones, el primero con altos contenidos de fósforo, y en las restantes debe fraccionarse el equivalente de 100-150 kg de nitrógeno/ha/año (Chaves, 1999).

En la etapa de desarrollo del cafeto hay que procurar fertilizar principalmente con aquellos elementos que promueven el desarrollo del café (nitrógeno, fósforo), para asegurar que el desarrollo del cultivo sea el óptimo y tenga un buen comienzo en la etapa de producción.

7.3.4.3.2. Fertilización en plantas en producción

Según Sadeghian (2008), los criterios para la fertilización de las plantas en esta etapa se inicia a los 18 meses después de la siembra en el campo. En esta etapa se busca, con el uso de fertilizantes y enmiendas obtener la mayor producción y la calidad del café, con los mínimos costos económicos ambientales.

La fertilización en los cafetales tienen un mayor impacto cuando los cafetos son jóvenes, tienen un buen nivel de sombra y exposición solar y se desarrollan en condiciones edafoclimáticas favorables.

Los cafetos en producción demandan mayores cantidades de nitrógeno y potasio, que de fósforo. Una cosecha de café oro de 15.5 qq/mz extrae aproximadamente 54 lb de N, 12 lb de P_2O_5 , 87 lb de K_2O y 6 lb de MgO por manzana (Castillo, 1996).

Estas cifras dan una idea de lo que pierde el suelo al retirar de la plantación los frutos de café, y es necesario restituir, a través de las fertilizaciones, los nutrientes extraídos por las cosechas.

7.3.4.3.3. Épocas de aplicación

Para conocer la época de aplicación de fertilización adecuada, es preciso considerar los procesos fisiológicos que ocurren en la planta: crecimiento vegetativo, preparación a floración, floración y postfloración, crecimiento del fruto, maduración, cosecha y reposo de la planta (Castillo, 1996).

Normalmente se realizan de dos a tres aplicaciones edáficas: una inicial (entre mayo-junio), al establecerse el invierno, una segunda (agosto – septiembre) considerada la más importante por los productores, y una última en octubre.

7.4. Manejo de las enfermedades del café

7.4.1. Agente causal de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*)

La roya es una enfermedad que para causar daños severos en los cafetales depende del desarrollo paulatino de múltiples ciclos de reproducción, diversos estudios indican que el tiempo desde que una espora germina y penetra invadiendo los tejidos internos de la hoja hasta que se forman las manchas con esporas puede tardar entre 20 y 40 días. Entre más favorables son las condiciones de temperatura y permanencia de agua sobre las hojas, menor será el tiempo para completar el ciclo (Barquero, 2013).

La clasificación del causante de la roya del cafeto es la siguiente:

División: Eumycota

Subdivisión: Basidiomycotina

Clase: Teliomycetes

Orden: Uredinales

Familia: Pucciniaceae

Género: *Hemileia*

Especie: *H. vastatrix* Berk. & Br.

(Subero, s.f.)

7.4.1.1. Síntomas de la roya

La enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas, amarillo naranja y polvorientas en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar. Si hay esporulación abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprenda (Subero, s.f.).

Es importante insistir que el inóculo residual se encuentra en las hojas internas de las bandolas, principalmente de los estratos medio y bajo de las plantas. Estas manchas son difíciles de observar debido a que luego de la floración de los cafetos y con el retorno del periodo lluvioso, se incrementa la emisión de nuevas hojas, las que tienen una apariencia sana, dificultando ver las lesiones de Roya que inicia su esporulación una vez que se han establecido las lluvias (Barquero, 2013).

Cuando las manchas de la hoja atacada por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer. Es común que antes de que el tejido foliar se torne marrón, las esporas pueden aparecer más pálidas en la masa central de la lesión perdiendo su tinte anaranjado. El porcentaje de esporas con contenido hialino aumenta hacia el centro de la lesión y que la pérdida de color no se debe necesariamente al envejecimiento de las esporas insitu, ya que al ser removidas puede producirse una nueva generación de esporas hialinas. La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium Hemileia Bour*. En etapas avanzadas del ataque, la mayor parte del área afectada muere y solamente de vez en cuando, cerca del margen, sobreviven áreas amarillento-anaranjadas portadoras de esporas (Subero, s.f).

Principalmente afecta hojas maduras y cuando el ataque es severo puede infectar hojas jóvenes, según el nivel de daño puede ocasionar defoliación intensa. Además, como efecto secundario impide el llenado y maduración de los frutos; lo cual ocasiona pérdidas en la producción y reduce los ingresos económicos (Anzueto, 2013).

7.4.1.2. *Condiciones Favorables para el desarrollo de la enfermedad*

- Factores bióticos

En general, todas las especies cultivadas de café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también lo son las especies silvestres.

En las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo no compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial. En variedades de café con resistencia incompleta (horizontal), el patógeno se establece, pero el número de lesiones es menor, el período de la latencia es más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible. En estas plantas se reduce la tasa de infección y también algunas veces el inóculo potencial indirectamente (Subero, s.f).

Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y edad de la hoja.

Otro factor que afecta el nivel de infección, lo constituye la edad de la planta o de sus órganos.

- Edad de la Hoja

La edad fenológica de una hoja influye en los componentes de la resistencia como son: tasa de infección y en los períodos de incubación y latencia. Este comportamiento diferencial se ha explicado en parte por: aumento en el espesor

de la pared celular, el proceso de significación, el aumento de la presión osmótica y la acumulación de sustancias como fenoles y enzimas (Subero, s.f).

En los primeros años de vida, el cafeto es raramente afectado por la roya; esto puede ser atribuido a que la planta aún no inicia su vida productiva. La enfermedad puede ocurrir en ese período cuando existen condiciones altamente favorables, por ejemplo sembrar cafetos en cafetales viejos, con alta incidencia de roya. La enfermedad comienza a ser importante a partir de la primera cosecha comercial (Úbeda, 1996).

Se ha encontrado que en hojas de café de diferentes edades inoculadas, la esporulación ocurría más temprano y era más abundante cuando se empleaban hojas jóvenes, igualmente se podía detectar presencia de micelio en las hojas dentro de un lapso de 3 a 4 días después de la inoculación (Subero, s.f).

La germinación de las uredósporas sobre hojas jóvenes es 2 a 4 veces más alta que sobre hojas adultas. La producción de uredósporas es más rápida en hojas jóvenes (20 a 22 días), que en hojas adultas (25 a 28 días); en hojas viejas las lesiones se forman entre 30 y 35 días (Subero, s.f.)

- Factores abióticos

- Efecto de la temperatura

La persistencia de la hoja del café a una mayor cantidad de horas con temperaturas en el rango de 18 – 28 °C; es uno de los factores del clima más influyente para que la enfermedad se desarrolle rápidamente (Barquero, 2013).

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del cafeto debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido éste sobre el período de incubación y latencia. Temperaturas por

debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las uredósporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la roya. Temperatura por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo (Subero, s.f).

Se ha encontrado que temperatura de 24°C es óptima para la germinación de las uredósporas; por encima de ella se afecta más severamente la germinación que aquellas por debajo de ésta. Al contrario de la germinación, la elongación del tubo germinativo aumenta siempre con la temperatura; esto puede compensar en términos de infectividad, el porcentaje de germinación levemente disminuido (Subero, s.f).

- Efecto de la luz

De acuerdo con los estudios de la biología de *H. vastatrix*, la luz es un factor determinante para la germinación de las uredósporas, para el inicio del proceso infectivo y para la sobrevivencia o viabilidad de las esporas producidas, o sea, para la cantidad de inóculo efectivo disponible para la iniciación de una epidemia. La luz tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredósporas del hongo. La ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo. Intensidad lumínica superior a 2,5 bujías/pie reducen gradualmente el desarrollo de las lesiones y de la germinación, sin embargo, ésta aún se realiza bajo una intensidad de 10 bujías/pie. La duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo en cambio necesario nueve horas para un máximo de infección (Subero, s.f).

- Efecto de la humedad

La precipitación es quizás el factor ambiental más estudiado en relación con la evolución de la roya del cafeto a través del tiempo. La disponibilidad de agua o

balance hídrico es otro factor que indirectamente influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de café. La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas, está relacionado con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección (Subero, s.f).

La lluvia es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de la roya del cafeto. La lluvia actúa como factor determinante en la germinación de las esporas, en su dispersión, e indirectamente sobre otros factores ambientales tales como la humedad relativa, la temperatura y la luminosidad. También parece ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles (Barquero, 2013).

7.4.1.3. *Control*

7.4.1.3.1. *Control cultural*

- Uso de variedades resistentes

Se han identificado fuentes de resistencia genética a la roya dentro de las especies *C. arabica* (arábicas), *C. liberica* y *C. canephora* (robustas), siendo esta última la más utilizada para crear variedades resistentes (Anzueto, 2013).

Anzueto (2013), también establece que existen tres grupos creados a partir de cruzamientos de tres diferentes cafetos del híbrido de timor (resistente a la roya), con variedades susceptibles de porte bajo (caturra, villa sarchí y caturra amarillo) con el objetivo de desarrollar variedades de porte bajo, productivas y resistentes a la roya: catimores, sarchimores y colombia.

La utilización de variedades resistentes a las razas fisiológicas de *H. vastatrix*, es el proceso más eficaz y económico de combatir esta enfermedad. La posibilidad de utilizar variedades resistentes, depende de la disponibilidad del material, de la resistencia a la raza o razas que existen en la región y de sus características culturales, comerciales de productividad y de calidad.

Las variedades resistentes a la roya, varían en su calidad de resistencia de acuerdo a la raza fisiológica del hongo, siendo el Híbrido de Timor el único material resistente a todas las razas. Este material es aparentemente un cruce natural entre *C. arabica* y *C. canephora*, el 95% de las plantas son del grupo A, es decir, resistentes a todas las razas, mientras que 5% son del grupo R, resistentes a sólo dos razas, y al grupo E, resistentes a 7 razas. Este híbrido de Timor presenta una gran variabilidad fenotípica, lo que da una gran oportunidad de selección para ciertas condiciones específicas (Subero, s.f.).

7.4.1.3.2. Control químico

Anzueto (2013), establece que existen dos tipos de fungicidas para el control de roya (de contacto y sistémicos), debe elegirse el más adecuado en función del nivel de daño.

Los fungicidas de contacto, solamente inhiben la germinación de esporas o evitan la penetración en la planta. El uso de estos productos requiere de buena cobertura del follaje, principalmente del envés. Pueden ser utilizados con niveles de incidencia inferiores al 10 % con intervalo de aplicación de 45 días. En los fungicidas sistémicos, cuando el nivel de daño es severo, se deberá seguir el calendario de aplicaciones para reducir el daño previo a la maduración y cosecha del café (Anzueto, 2013)

- Fungicidas protectores

El caldo bordelés fue recomendado por primera vez en 1895, después de haber comparado su efecto “deletéreo” sobre uredosporas de *H. vastatrix* bajo condiciones de laboratorio. El caldo bordelés es una mezcla que contenía 15% de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y 8% de cal (CaO). La fórmula 1-1-100 se refería a un kilogramo de sulfato de cobre, un kilogramo de cal viva y 100 litros de agua. El caldo bordelés ligeramente alcalino tiene efectos más efectivos en el control de la enfermedad (Subero, s.f.).

El oxiclورو de cobre es el grupo de fungicidas más utilizado para el control de la roya del cafeto, en el mundo. Su formulación puede ser: concentrado, emulsionable, o polvo mojable. Algunos productos comerciales con oxiclورو de cobre como ingrediente activo son: Cobox, Ceprosan 311, Super D, Zimiltox forte. El oxiclورو de cobre es compatible con la mayoría de los insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares de uso frecuente en el cultivo del cafeto (Subero, s.f.).

Oxido Cuproso. Como fungicida ha tenido menor utilización que otros productos cúpricos ya que se deben tomar algunas precauciones en su almacenamiento, porque el cobre se puede oxidar y perder su acción fungicida (Subero, s.f.).

Hidróxido de cobre. Viene formulado en polvo mojable o en suspensiones oleosas, Ej: Kocide 110 (Subero, s.f.).

Fungicidas carbamatos. Los derivados ditiocarbamatos resultan de la combinación de amidas con bisulfuro de carbono, en solución alcohólica alcalina. Tienen un radical azufre ligado a un radical hidrógeno, el cual se puede sustituir por cualquier otro metal (Subero, s.f.).

- Fungicidas sistémicos
- Grupo del Benzimidazol

El Benomyl es un fungicida que luego de ser absorbido por la planta, se hidroliza, dando lugar al carbamato de metil benzimidazol, que causa inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos. También, da origen al butil isocianato, producto que inhibe la oxidación de la glucosa (Subero, s.f.).

- Estrobirulinas

Los grupos más utilizados en los productos para control de roya son las estrobirulina y los triazoles. En el caso de las estrobirulinas son fungicidas denominados QoI's (Quinone outside inhibitors) que inhiben la respiración mitocondrial del hongo. Los nombres comerciales de algunos productos utilizados que se poseen un ingrediente activo de este grupo son: Amistar Xtra, Opera y Spheremax entre otros (Gaspar, 2013).

- Triazoles

Estos fungicidas se caracterizan por inhibir una enzima específica que juega un rol fundamental en la síntesis de esteroides, necesarios para la formación de pared celular. Entre los más conocidos se encuentran tebuconazole, fenbuconazole, propiconazole, tetraconazole y metaconazole, entre otros. Cuando un fungicida tiene un sitio de acción específico, el riesgo de generar resistencia es alto. Posee el código 3 el FRAC y posee de medio a alto riesgo de generar resistencia (Gaspar, 2013).

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

El estudio se realizó en el departamento de Matagalpa. El departamento de Matagalpa limita al norte con Jinotega, al sur con Boaco y Manaagua, al este con RAAN y RAAS y al oeste con León (INIFOM, 1999).

El departamento comprende una extensión territorial de 6,806.89 km². La zona presenta áreas montañosas con una altura promedio favorable de 681 msnm (INIFOM, 1999).

La finca El Limón se encuentra ubicada en la comunidad La Esmeralda, al norte de la ciudad de Matagalpa con precipitaciones de 1500 mm al año y temperaturas de 17-18 °C.

La Finca INA Tepeyac se encuentra ubicada en la comunidad Tepeyac, al noreste de la ciudad de Matagalpa con precipitaciones de 3423 mm al año y temperaturas de 18-21 °C.

La Finca Zaragoza se encuentra ubicada en la Comunidad Caratera, al sur de la ciudad de La Dalia con precipitaciones de 3000 mm al año y temperaturas de de 26-28 °C.

La finca La Cumplida se encuentra ubicada en la comunidad de Las Escaleras, al noreste de la ciudad de Matagalpa, con precipitaciones de 2050 mm al año y temperaturas de 17-23 °C.

La finca Santa Ana se encuentra ubicada en la comunidad del Arenal, al norte de la ciudad de Matagalpa, con precipitaciones de 2100 mm al año y temperaturas de 18-20 °C.

Imagen 1. Mapa de ubicación de la fincas de estudio



Fuente: INETER (2012). Editado por nosotros mismos.

8.2. Condiciones climáticas

El clima del departamento de Matagalpa es moderadamente fresco y húmedo, está catalogado como clima de sabana tropical húmedo con temperaturas que oscilan entre los 19 y 24 °C. La precipitación actual oscila entre los 800 y 2,000 mm con un promedio anual de 1,330 mm (AMUPNOR, 2012).

8.3. Tipo de estudio

El enfoque empleado en la investigación es de carácter descriptivo cuali-cuantitativo y de corte transversal ya que de acuerdo al tiempo, se llevó a cabo en el período comprendido entre octubre 2014 y marzo 2015.

El estudio es descriptivo por que se orientó a caracterizar los programas de manejo contra roya de café (*Hemileia vastatrix*) de fincas del departamento de Matagalpa. Es cuali-cuantitativo porque se planteó como propósito cuantificar y

cualificar la calidad de los programas contra roya y las afectaciones de la enfermedad en las fincas.

8.4. Población y muestra

La población de estudio está compuesta por fincas cafetaleras del departamento de Matagalpa. La muestra fue tomada por conveniencia, y estuvo compuesta por 5 fincas, seleccionadas por los siguientes criterios:

- Las fincas deben poseer características de las condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa (precipitaciones, altitud, textura y profundidad del suelo).
- Las fincas deben poseer registros sobre las actividades agronómicas y fitosanitarias realizadas en el cultivo de café.
- Compromiso del productor a facilitar la información y a colaborar con la investigación.

8.5. Materiales y métodos

El estudio se realizó entre octubre 2014 y marzo 2015, se seleccionaron cinco fincas, las cuales son consideradas como las de mejor productividad, de acuerdo a la comunidad cafetalera (productores y técnicos). Se aplicó el instrumento con los encargados de dichas fincas, los cuales son los que llevan los registros sobre fertilización, incidencia de enfermedades y manejo general de los cafetales.

Las encuestas estuvieron diseñadas principalmente sobre el manejo de la finca, según el registro que manejan los productores: control de malezas y mediante qué métodos (Manual, químico), fertilizaciones, dosis, labores culturales, fungicidas utilizados, cantidad de agua que utilizan, si realizan estudios de suelo para comprobar la fertilidad del mismo, y cada cuánto son realizados. Si toman en cuenta el pH del agua que utilizan para las aplicaciones y época de aplicación.

Se obtuvo información de muestreo de enfermedades presentes en las fincas, será necesaria la información de los datos climáticos como: precipitación y temperatura, humedad relativa, además fue de importancia los datos sobre el tipo de suelo de las fincas, regulación de sombra y con qué frecuencia la realizan, porcentaje de sombra que han mantenido los cafetales en el resto del año, también sobre el manejo de tejidos, tipos de podas, ya sean sanitarias, de formación, cíclicas, en bloque o selectiva. Se trabajó con rendimientos esperados, tomando en cuenta cosechas de los últimos tres ciclos, la actual, y la proyección para los próximos tres años.

Para los análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa Microsoft Excel 2013. Se realizó el análisis para rechazar o aceptar las hipótesis planteadas, en cuanto a efecto del manejo integrado en la reducción de la incidencia de roya y sobre los rendimientos de la producción de café, además se realizó la elaboración de tablas y gráficos de datos.

8.6. Variables medidas

8.6.1. Incidencia de roya

La variable se midió tomando en cuenta la población total de plantas establecidas, y después por medio de muestreos, el número de plantas con incidencia de roya y el número de plantas con roya activa. Estas incidencias fueron medidas con datos porcentuales, a través de los muestreos realizados por los técnicos encargados de las fincas de estudio.

8.6.2. Tipo de manejo de roya

El tipo de manejo utilizado contra la roya de café se clasificó en manejo químico y cultural. En el manejo químico se tomó en cuenta, si es preventivo o curativo, así

como el tipo de producto utilizado, las dosis, la frecuencia, tiempo (en días) en que se ejecutó la labor y las épocas de aplicación.

En el manejo cultural es importante conocer la información sobre la regulación de sombra (tipos de podas, época, tiempo en que se ejecutó la labor y aplicación), manejo de tejidos (tipos de podas: sanitarias o de formación; cíclica, selectiva o en bloque), el manejo de maleza y su tipo de control (químico, cultural, además de épocas de aplicación) y si se utilizó variedades resistentes.

8.6.3. Repercusión de la roya en la producción de café

Para medir el rendimiento productivo fue necesario medir las cantidades de Tn/Ha de café producido por ciclo, para visualizar la repercusión en los rendimientos, la incidencia de la enfermedad.

8.6.4. Efectividad de labores

Para este punto se tomó en cuenta la información recolectada por el productor sobre todas las actividades agronómicas relacionadas con el café, y se evaluó la efectividad que han tenido sobre la incidencia de las enfermedades en el cultivo: época de aplicación, frecuencia y tiempo (días) en que se ejecutó la labor.

8.Operacionalización de variables

Objetivos específicos	Variables	Sub variables	Indicadores	Método de verificación
Determinar la incidencia de la roya en las fincas cafetaleras	Incidencia de roya	Densidad poblacional	Número de plantas totales	Encuesta aplicada a los productores de café del departamento de Matagalpa Muestreos realizados en las fincas
		Nivel de afectación	% de incidencia de roya	
Identificar los tipos de manejo de roya en las fincas cafetaleras	Manejo químico	Preventivo	Tipo de producto	Encuesta aplicada a los productores de café del departamento de Matagalpa
			Dosis	
	Cultural	Regulación de sombra	Tipo de poda	
Epoca de regulación			Frecuencia	
		Manejo de tejido	Tipos de poda	

Identificar los tipos de manejo de roya en las fincas cafetaleras	Cultural		utilizadas	Encuesta aplicada a los productores de café del departamento de Matagalpa
		Variedades resistentes	Tipos de variedades	
	Manejo de maleza	Tipo de manejo Epoca Frecuencia		
	Análisis de Suelos	Resultados de análisis de suelos	Porcentaje Ppm Meq/100g	
Evaluar la repercusión de la roya en la producción de café	Rendimiento productivo	Tn/Ha	Tn/Ha	Encuesta aplicada a los productores de café del departamento de matagalpa

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Datos edafoclimáticos de las zonas de estudio

Cuadro 1. Datos edafoclimáticos

Fincas	Comunidad	Datos edafoclimáticos							
		Precipitaciones (mm)	Altura sobre nivel del mar		Textura predominante	Profundidad del suelo (cm)	Temperatura (°C)		pendiente media (%)
			Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo	
INA Tepeyac	Tepeyac	3423	1100	1200	Arcillosa	17.5	18	21	40
Zaragoza	Caratera	3000	950		Franco arcillosa	35	26	28	30
El Limón	La Esmeralda	2500	1190	1310	Franco arcillosa	30	17	18	35
Santa Ana	El Arenal	2100	1225	1400	Franco arcillosa	25	18	20	45
La Cumplida	Las Escaleras	2050	700	1350	Arcillosa	80	17	23	65

Fuente: Resultados de la investigación

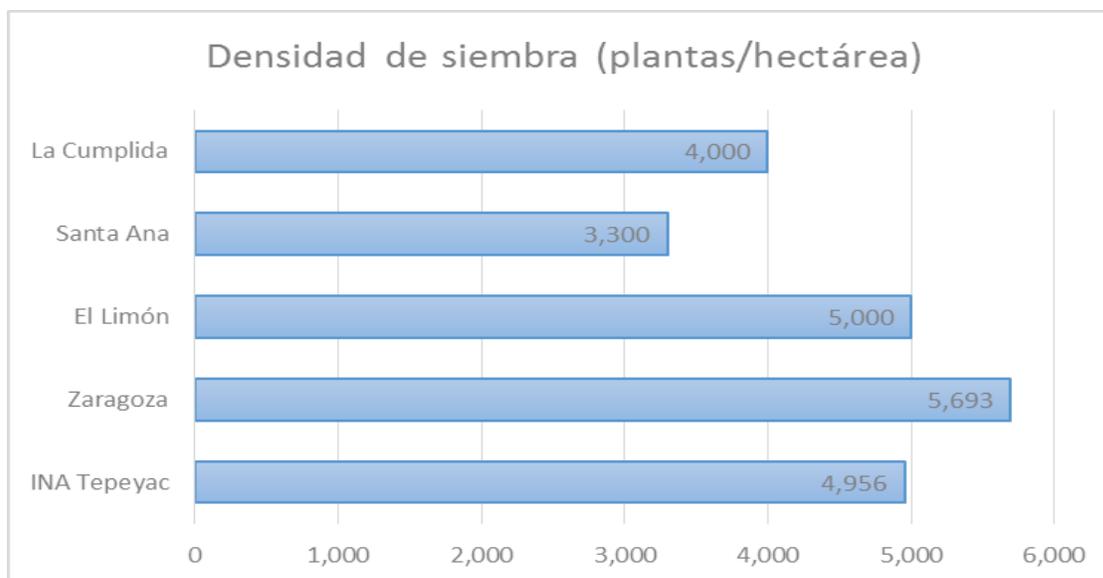
Los datos edafoclimáticos se refieren a aquellas características propias del suelo (textura, profundidad, pendiente) y de la zona (precipitaciones, altitud, temperatura).

El hongo de la roya (*Hemileia vastatrix*) se ve beneficiado en condiciones climáticas con temperatura entre 17 a 28°C, una humedad relativa superior al 85%, que mantiene la hoja mojada y altitudes debajo de 1500 m. Es por eso que en zonas bajas con altas precipitaciones y días calurosos permite la diseminación del hongo en los plantíos en un periodo de 28 a 35 días. En cambio en alturas arriba de 1200 m el ciclo biológico de la enfermedad es más lento, siendo generalmente de 40 días.

Todas las fincas de estudio cuentan con las condiciones que permiten la evolución del hongo, por lo que todas se vieron afectadas por la enfermedad, y necesitan un buen manejo para evitar que la incidencia de roya supere el umbral económico.

9.2. Densidad poblacional

Gráfico 1. Densidad poblacional de las fincas de estudio



Fuente: Resultados de la investigación

En las fincas estudiadas, se tomó en cuenta la cantidad de plantas establecidas en cada hectárea, esto con el fin de analizar de manera más eficaz otras variables de suma importancia como lo son: plan de fertilización, sistemas de podas, manejo de tejidos, entre otros.

Se puede observar que la finca Zaragoza, es la que posee la densidad de siembra más alta (5,693 plantas/hectárea) mientras que la finca Santa Ana el más bajo (3,300 plantas/hectárea). Estos datos pueden ser de mucha importancia, ya que una densidad poblacional alta, combinado con un mal manejo de la finca, puede provocar mayor diseminación y severidad de enfermedades en el café, como roya, ojo de gallo o antracnosis.

Al sembrar el café a distancia muy cortas el contacto perenne de las hojas entre un cafeto y el otro permite que la diseminación del hongo (*Hemileia vastatrix*) sea más rápido debido que las esporas se trasladan de una hoja a otra en todo el plantío. Pero en caso de Santa Ana la densidad poblacional es inferior al

promedio, donde el uso del suelo no está siendo explotado a la capacidad y disponibilidad que poseen.

La densidad de siembra viene en dependencia de las variedades establecidas, tomando de referencia el porte de la planta del café, el tamaño, el desarrollo de bandola, que son los puntos a tomar al momento del establecimiento del café en terreno definitivo, los productores toman de referencia los factores mencionados anteriormente y muy poca relacionan la influencia que pueden llegar a tener las densidades respecto al desarrollo y diseminación de patógenos.

9.3. Incidencia de roya en las fincas cafetaleras

Cuadro 2. Porcentaje de incidencia de roya en las fincas de estudio

Fincas	Porcentaje de incidencia de roya				
	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
INA Tepeyac	8.30%	5.16%	3.69%	3.00%	3.00%
Zaragoza	7.00%	6.00%	5.00%	4.00%	4.00%
El Limón	3.40%	2.80%	4.10%	3.00%	2.00%
Santa Ana	3.40%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
La Cumplida	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Promedio	6.42%	4.39%	4.16%	3.60%	3.40%

Fuente: Resultados de la investigación

Los índices de afectación de roya en los años donde la enfermedad perjudicó a la mayor parte de los productores de Nicaragua. En las fincas en estudio no llegó a alcanzar más de 10% de afectación. El promedio de afectaciones de roya en las fincas entre los años 2012-2013 fue de 6.42 %. Las incidencias menores fueron en El Limón y Santa Ana con promedio por debajo del 6.42 %. Para los ciclos restantes los niveles de incidencia no superaron el 4.15 % como promedio.

En el caso de La Cumplida, las incidencias ocurrieron en lotes donde la enfermedad se ve beneficiada por existir las condiciones óptimas para su

desarrollo, además de que las variedades establecidas presentan alta susceptibilidad (40 manzanas de caturra, que ya fueron renovadas).

La rotación de los productos sistémicos a base de triazoles permite el control efectivo de la enfermedad, manteniendo los niveles de incidencia en márgenes aceptables para el rendimiento del cafetal. Es por eso que los fungicidas curativos que existen en el mercado son a base de estos compuestos.

Un comentario a considerar es el planteado por el señor Omar Ulises Pérez LeClair en el mes de marzo, 2015, manifestó que en esos años (2011-2012) tomó como preferencia aumentar los gastos operativos en sus cafetales arriesgando las ganancias con el objetivo de mantener controlada la roya en sus plantíos. El productor expone que en el periodo 2012-2013, realizó hasta siete aplicaciones de fungicidas rotando las moléculas (estrobirulinas y triazoles) para evitar resistencia a la enfermedad. Este manejo si bien es cierto reduce la incidencia y severidad de las enfermedades sobre todo roya, conlleva un incremento sustancial en los costos de producción, ya que el valor de fungicidas como Amistar Xtra es de aproximadamente de C\$1,800 por litro.

9.4. Manejo de roya

9.4.1. Manejo químico

Cuadro 3. Fungicidas utilizados en las fincas de estudio

Nombre Finca	Mes de aplicación	Frecuencia en días	aplicaciones	Producto	Ingrediente activo	dosis (lt/ha/año)	forma	dh/mz
INA Tepeyac	Abril, Agosto	45	2	Alto 10	Cyproconazol	0.71	Foliar	2
	Junio, Octubre	45	2	Amistar Xtra	Azoxystrobin + Cyproconazole	0.85	Foliar	2
Zaragoza	Mayo	45	2	Opera	Epoxiconazole + Piraclostrobin	0.99	Foliar	2
	Julio	45	2	Alto 10	Cyproconazole	1.13	Foliar	2
	Septiembre	45	2	Amistar Xtra	Azoxystrobin + Cyproconazole	0.94	Foliar	2
El Limón	Mayo	45	1	Hexoconazol	Hexoconazole	1.67	Foliar	2
	Julio	45	1	Imperio	Azoxystrobin + Tebuconazole	0.56	Foliar	2
	Septiembre	45	1	Juwel	Epoxiconazole + Kresoxim-methyl	0.71	Foliar	2
	Noviembre	45	1	Spheremax	Trifloxistrobin + Cyproconazole	0.28	Foliar	2
Santa Ana	Junio, Agosto	45	2	Opera	Epoxiconazole + Piraclostrobin	0.9	Foliar	4
	Noviembre	45	1	Timorex	Aceite de Árbol de Té	1.1	Foliar	4
La Cumplida	Febrero	25	1	Spheremax	Trifloxistrobin + Cyproconazole	0.28	Foliar	2
	Marzo	50	1	Opus	Epoxiconazole	0.56	Foliar	2
	Mayo	55	1	Phyton Plush	Sulfato de Cu Pentahidratado	0.49	Foliar	2
	Julio	45	1	Amistar Xtra	Azoxystrobin + Cyproconazole	0.56	Foliar	2
	Agosto	30	1	Fungo Max	Tebuconazole + Triadimenol	0.56	Foliar	2

Fuente: Resultados de la investigación

Los grupos más utilizados en los productos para control de roya son las Estrobirulina y los Triazoles. En el caso de las estrobirulinas son fungicidas denominados QoI's (Quinone outside inhibitors) que inhiben la respiración mitocondrial del hongo. Los nombres comerciales de algunos productos utilizados que se poseen un ingrediente activo de este grupo son: Amistar Xtra, Opera y Spheremax entre otros (Gaspar, 2013).

El producto más utilizado para el control de roya es Amistar Xtra, cuyos ingredientes activos son azoxystrobin más un cyproconazole, es decir, una estrobirulina y un triazol, pero en cada aplicación la rotación del producto es

evidente. La dosificación en cada una de las fincas varía, donde las dosis más bajas se encuentran en la finca La Cumplida, pero existe mayor rotación de productos.

Gaspar (2013), menciona que la resistencia ante la aplicación de fungicidas es el ajuste estable y permanente del hongo ante los mismos, resultando en una sensibilidad menor a lo normal. La rotación utilizada por cada uno de los productores ha beneficiado en el control de las enfermedades fungosas, debido a que no se ha generado una resistencia a un solo fungicida.

La frecuencia de aplicación en cada una de las unidades de producción es de un promedio de cuarenta y cinco días, las cuales comienzan al inicio del invierno de cada ciclo donde las lluvias empiezan a prolongarse y la presencia de agua persiste por más de seis horas y según lo establecido por Sadeghian (2008) es el tiempo óptimo, en combinación con temperaturas entre 21 y 25 °C, para la proliferación de la enfermedad.

En la finca La Cumplida se inicia las aplicaciones en el mes de febrero, estando todavía en época de cosecha en la mayoría de sus plantíos, con el propósito de eliminar focos de roya y ojo de gallo, en su mayoría, esto es una buena alternativa, ya que se controla la enfermedad antes de que se propague y tenga las condiciones óptimas para su diseminación por todo el lote.

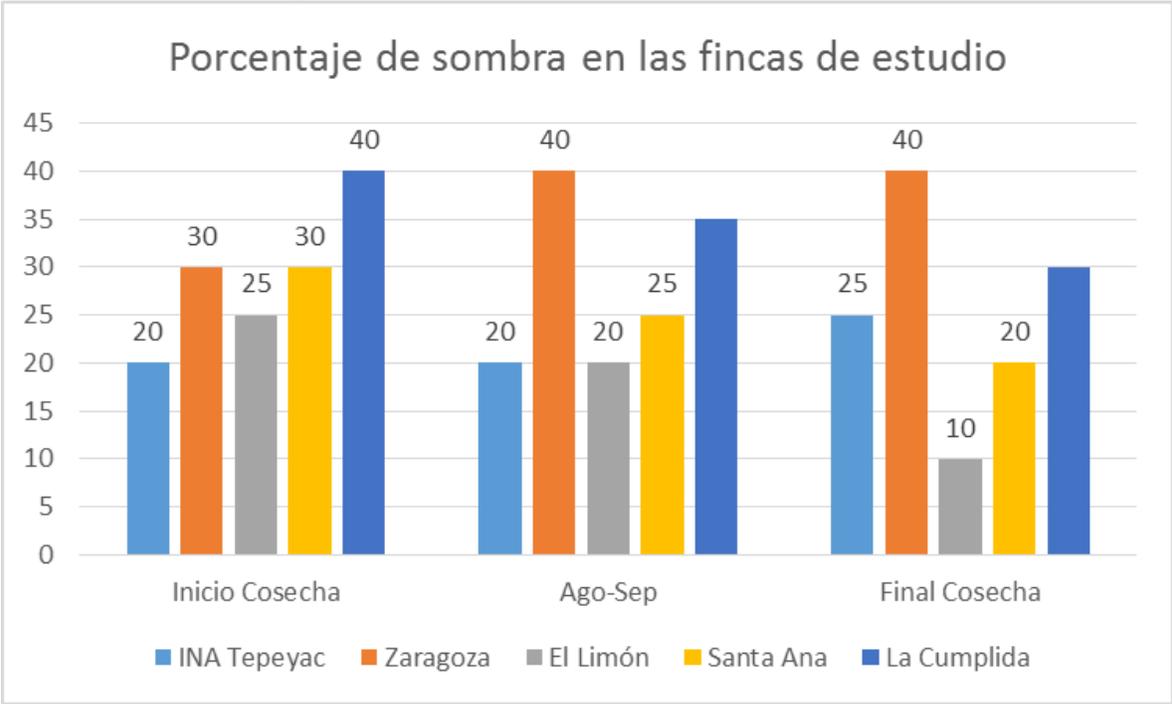
Algo a constatar es lo establecido por Sadeghian (2008), que manifiesta que *Hemileia vastatrix* es un parásito obligado y sobrevive únicamente en tejido vivo y puede sobrevivir hasta por 6 semanas bajo condiciones secas. Es por esto que luego de la primera aplicación en febrero, en la Cumplida se realiza otra aplicación establecida para finales del mes de marzo. Cuando inicia la época lluviosa del año, los foleos a bases de fungicidas se hacen más constantes con períodos de 45 y 30 días.

Tomando en cuenta los días de control de las enfermedades presente en las fincas; la Cumplida realiza aplicaciones durante un rango de 205 días al año, seguido la Ina Tepeyac y El Limón con 180 días, y por ultimo Santa Ana y Zaragoza con 135 días de control esto se calcula de acuerdo a la frecuencia de cada aplicación por cada producto utilizado, estos nos demuestran que los muestreos realizados son lo que brindan la decisión de cada foleo ejecutado en la finca, tomando en cuenta que la incidencia por enfermedades se encuentran en rangos bajos.

9.4.2. Manejo cultural

9.4.2.1. Regulación de sombra

Gráfico 2. Porcentaje de sombras en las fincas de estudio



Fuente: Resultados de la investigación.

Jarquín, Obregón y Zelaya (1996), señalan que el porcentaje de sombra en los cafetales depende de los factores ambientales de la zona, de las características

de las especies utilizadas para sombra, de las características edáficas y de la competencia por nutrientes y agua que la especie seleccionada pueda ejercer sobre el cafetal.

El porcentaje de sombra varía en cada una de las cinco fincas, los cuales se debe a las condiciones climáticas de cada zona, el mayor porcentaje de sombra se observa en Zaragoza con 37% promedio, y La Cumplida con 35 % promedio, donde los cafetales de esta última se caracterizan por mantener un sistema agroforestal con especies establecidas como el Coyote (*Platymiscium pleiostachyum*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*) en su mayoría. El menor porcentaje de sombra lo mantiene la hacienda El Limón, donde los cafetales, mantienen porcentajes de sombra que oscilan entre el 10 – 25 %.

El bajo porcentaje de sombra que se presenta en la finca El Limón se debe a la cantidad de horas luz que existe en la zona, por lo que al tener abundante sombra, la humedad relativa existente en los cafetales se incrementaría, facilitando el desarrollo y propagación de la roya (*Hemileia vastatrix*) cuando la temperatura aumente y existan las condiciones más favorables para la enfermedad.

Tomando de referencia los establecido por Valencia (2010), un ejemplo práctico con baja densidad de siembra de los árboles, pueden obtenerse niveles de sombreado deficientes o muy bajos para el desarrollo del cultivo (sombrio del 10 al 20 %) en lugares que así lo requiera; por tanto los técnicos de la finca El Limón han considerado que el porcentaje de sombra establecida en esta finca es el adecuado para evitar la proliferación de enfermedades, sin embargo, esto hace que los cafetales tengan una mayor demanda de nutrientes y perjudica en el rendimiento de los cafetales.

Según ANACAFE (1998), el follaje del café funciona como un laboratorio que utiliza energía proveniente de la luz solar. Por ello al optimizar las condiciones lumínicas en el cafetal, se logra mejor los rendimientos. Es por ello que regular el

fotoperiodismo, la temperatura del ambiente, del suelo y de las hojas; humedad relativa; relación del día y la noche; periodos de lluvia y periodos secos, benefician el trabajo fotosintético de la planta, dando como resultado inducción y formación de cojines florales, es por eso la importancia del manejo de sombra en los cafetales para la producción misma, debido que influye en los rendimientos del café. Los porcentajes de sombra en cada una de las fincas estudiadas se mantienen en los rangos adecuados de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentan exceptuando el limón, donde el porcentaje de sombra es muy bajo.

9.4.2.2. Manejo de tejidos

Cuadro 4. Tipos de podas utilizados en las fincas

Tipos de poda utilizados (Ha)									
Fincas	Selectiva			Cíclica			En bloque		
	2010-13	2014	2015-18	2010-13	2014	2015-18	2010-13	2014	2015-18
INA Tepeyac	23.232	20.416	21.12				20.416		
Zaragoza									28.16
El Limón	42.83136	2.4358							2.816
Santa Ana	3.52	1.408	3.52						
La Cumplida							162.624	98.56	134.464

Fuente: Resultados de la investigación

Cada año, los cafetaleros realizan poda sanitaria a sus plantaciones ya sea por afectación de enfermedades o por deterioro de tejido, muerte o madurez fisiológica o sencillamente eliminan el tejido dañado por labores de corte, esto último lo

realizan de una manera selectiva a las plantas que requieren el manejo para asegurar la sanidad de la planta.

En los tipos de podas utilizados en las fincas, se pueda observar que las podas selectivas y en bloques son las más utilizadas en dichas fincas.

En cuanto a la renovación, en la finca La Cumplida es donde se ha hecho una renovación mayor, de hasta 98.36 Ha. En el ciclo actual; mientras que en la finca Santa Ana es donde la renovación es menor (1.40 Ha en 2014).

Estas renovaciones realizadas en las fincas se han hecho en su mayoría con variedades como Marsellesa, Catimores o Híbridos (H1 y H3), que son tolerantes y resistentes a la roya, asegurándose así que en un futuro la incidencia de roya se reduzca, pero también asegurando que estos cafetales tengan un buen rendimiento y producción.

Es muy importante tomar en cuenta la posición tomada en la Finca Zaragoza, donde el productor ha manifestado que sus cafetales tienen más de 35 años y han tenido presencia de roya desde el año 1979, sin embargo Don Omar Pérez LeClair decidió no renovar y se arriesgó a mantener sus cafetales realizando hasta siete aplicaciones de fungicidas.

Algo que cabe destacar, es el cambio de tipo de poda que se planea hacer para futuros ciclos en las fincas INA Tepeyac y El Limón, en donde pasarán, de realizar podas selectivas a realizar podas en bloques.

9.4.2.3. Variedades establecidas

Cuadro 5. Variedades de café establecidas en el período 2010 – 2013

Nombre Finca	Hectáreas establecidas por variedad en el período 2010 - 2013								
	Caturra	Catimor	Maracatú	Marsellesa	Java	Pacamara	H1	H3	Villa Sarchi
INA Tepeyac			7.04		5.76576	14.08			
Zaragoza									
El Limón	39.424						7.04	11.15136	
Santa Ana	0.704	6.336			1.056				2.816
La Cumplida				64.064			49.28	49.28	

Fuente: Resultados de la investigación

En el periodo 2010-2013, en su mayoría los productores se decidían por variedades como Caturra, Maracatú, Java, Pacamara y Villa Sarchí; todas estas presentan susceptibilidad a la roya, ya que no poseen genes de resistencia que vienen del Híbrido de Timor, pero se caracterizan más que todo por su productividad.

En cambio en las Unidades de Producción como La Cumplida y El Limón se han centrado desde hace años a la siembra de híbridos con resistencia a roya tales como el híbrido H1 (resistente), además de variedades como Marsellesa que cada día se fortalece en el mercado por sus características botánicas, crecimiento plagiotrópico, resistencia a roya, alta productividad y buena taza en zonas bajas, características propia de la línea de los sarchimores.

Otra variedad encontrada es el híbrido H3, que a diferencia del H1, presenta tolerancia a la enfermedad (roya), en otras palabras citando a Subero (s.f.) presenta una resistencia incompleta, el patógeno se establece, pero el número de

lesiones es menor, el período de la latencia es más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible y esta variedad tiene características favorables como: un largo promedio de ramas de 107 cm, entrenudos más largos que el Caturra o el H1, frutos de color similar al Caturra en período de maduración, donde el entrevistado de la finca El Limón, expresó que los resultados que han tenido del híbrido H3 han sido más que aceptables debido a la adaptabilidad, producción y manejo requerido.

Cuadro 6. Variedades de café establecidas en el período 2014

Nombre Finca	Hectáreas establecidas por variedad en el período 2014							
	Caturra	Catimor	Marsellesa	Java	Bourbón	H3	H1	Villa Sarchí
INA Tepeyac								
Zaragoza		28.16						
El Limón			2.112			2.43584	9.152	
Santa Ana	2.112	6.336		0.704	3.52		0	2.816
La Cumplida			24.64		24.64		24.64	

Fuente: Resultados de la investigación.

Basándonos en Subero (s.f.), en las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo no compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio, en estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial.

Las afectaciones de roya que se presentaron a nivel nacional incluyendo en las cinco fincas de estudio, se ve representado por las alternativas que han tomado de acuerdo a las variedades que implementan en este nuevo ciclo, la única que no tuvo renovación en este periodo fue la Hacienda INA Tepeyac, debido que el porcentaje de incidencia de enfermedades es baja y se renovó en años anteriores.

En las otras cuatro unidades de producción se guiaron por variedades resistentes en su mayoría a excepción Santa Ana (Ver Cuadro 6). En la cual se estableció un 59% del área renovada con variedades que presentan susceptibilidad a la roya. La finca en mención presenta una altura promedio de 1300 msnm, a la cual la enfermedad se desarrolla de forma lenta, facilitando controlar el patógeno, además de que las variedades de la línea de los Catimores y Sarchimores se adaptan bien en zonas de baja y media altitud. En zonas altas sus estándares bajan considerablemente.

Cuadro 7. Variedades de café establecidas en el período 2015 – 2019

Nombre Finca	Hectáreas establecidas por variedad en el período 2015 -2019					
	Catuaí	Marsellesa	H3	Etiosar	Parainema	Castillo
INA Tepeyac		35.2				
Zaragoza		28.16		7.04	28.16	21.12
El Limón			7.04			
Santa Ana	1.408	7.04				
La Cumplida		49.28				

Fuente: Resultados de la investigación

La variedad de mayor preferencia por los productores de las fincas encuestadas del departamento de Matagalpa es la variedad Marsellesa, la cual es conocida por su resistencia a la roya, además de su alta productividad debido a su crecimiento plagiotrópico.

Exportadora Atlantic (2015), manifiesta que para obtener rendimientos óptimos en esta variedad, se deben realizar al menos cuatro fertilizaciones al año y con una densidad de 3,333 plantas/hectáreas se estima que puede alcanzar un rendimiento de 60 qq de café oro/manzana, en dependencia del manejo, fertilización y calidad del suelo donde se ha establecido, además establece que en

condiciones de exceso de sombra es susceptible a ojo de gallo, de aquí la importancia de la regulación de sombra.

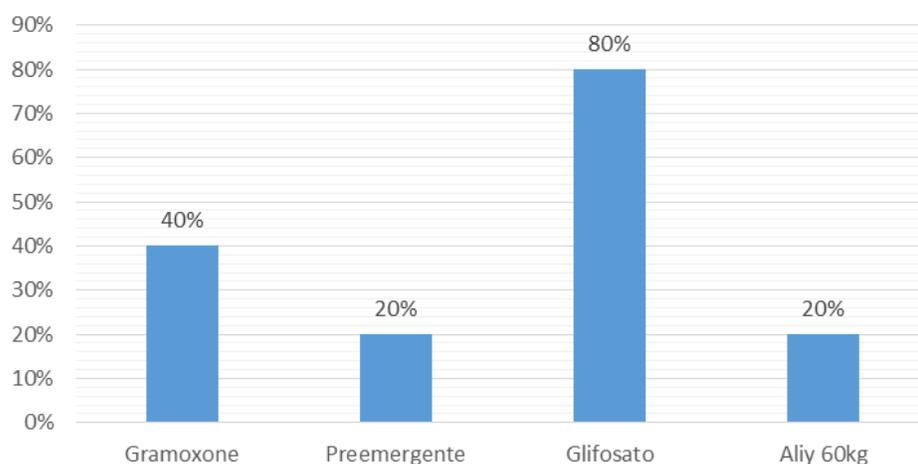
Hay que tomar en cuenta las variedades que se pretenden establecer en la finca Zaragoza (Parainema y Castillo), por ser híbridos de Sarchimor, que se destacan por adaptarse a zonas de baja y media altura, además de contar con una buena taza.

La visión de los productores se ha concentrado en reducir sus costos operativos en la aplicación de fungicidas, por la incidencia de roya en sus plantíos; los cuales consideran que la mejor alternativa y la más rentable para contrarrestar la enfermedad se basa en la introducción de variedades resistentes; esto concuerda con lo establecido con Anzueto (2013), quien menciona que para plantaciones viejas severamente afectadas e improductivas, ubicadas a altitudes inferiores a 1200 msnm, es recomendable renovar con variedades resistentes como Catimor o Sarchimor.

9.4.2.4. Manejo de malezas

Todos los entrevistados manifiestan utilizar control químico y manual para el control de malezas. El manejo es integrado, ya que implementan acciones de ambos métodos basados en el conocimiento sobre la ecología y biología de las malezas. Esto permite que el resultado sea más preciso y eficaz, pero también económicamente rentable y amigable con el medio ambiente

Gráfico 3: Control químico de malezas



Fuente: Resultados de la investigación.

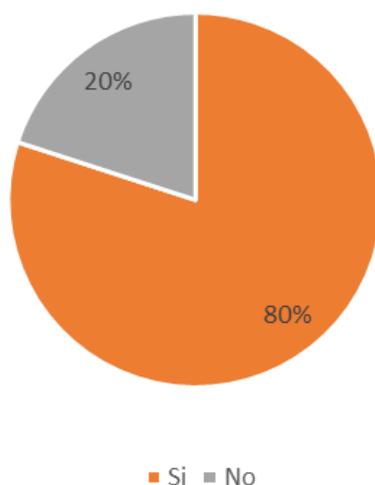
En cuanto a los herbicidas utilizados en el control químico, se puede observar que el producto más utilizado (en el 80 % de UPAs) es el glifosato, que es un herbicida sistémico no selectivo de amplio espectro, que según RAMAC (s.f.), es asimilado por el follaje de las malezas, ocasionando muerte de la parte aérea y radicular al inhibir la síntesis de aminoácidos esenciales.

Al realizar el control de maleza, se evita que el cafetal entre a una competencia de nutrientes con estas, así como también se reduce la humedad relativa del plantío al evitar que exista un cambio en el micro clima por el exceso de malezas.

Es importante considerar que plantíos con exceso de maleza se tendrá problemas en la nutrición de la planta, lo que baja la defensa del café y lo hace más susceptible para el desarrollo de la enfermedad. Es por eso que es necesario el control de arvenses para evitar competencias y se tenga cafetos con buen follaje, todo esto también con un buen programa de nutrición.

9.5. Análisis de suelos

Gráfico 4. Análisis de suelos en las fincas de estudio



Fuente: Resultados de la investigación

Uno de los aspectos más importantes en la producción de cualquier rubro, son los requerimientos nutricionales de los cultivos y el café no es la excepción. Un buen manejo nutricional de los cafetales comienza con la realización de un análisis químico del suelo.

En el 80% de las Unidades de Producción en estudio, se realizan análisis de suelo. La importancia del análisis radica en conocer los niveles de los nutrientes que posee el terreno donde se han establecido los cafetales, con lo que se formulan y aplican los nutrientes de forma más eficaz. Un buen análisis debe ir acompañado de un correcto proceso de interpretación de los resultados y en base a ello decidir las mejores formulaciones, las dosis correctas y las formas de aplicación más adecuadas.

Algo importante de considerar es que no solo es necesario la parte química, también se debe considerar la parte física y lo biológico (de suelo). Los tres aspectos podrán dar mejores elementos para la planificación de la fertilización.

Cuadro 8. Resultados de los análisis de suelos de las fincas de estudio

Nombre Finca	Frecuencia anual	pH	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100g)	Calcio (meq/100g)	Magnesio (meq/100g)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	Manganeso (ppm)
INA Tepeyac	1	5.9	8.94	0.45	12.5	0.9	19.4	5.4	221.1	8.1	8	30.7
Zaragoza	1											
El Limón	1		4.38	0.51	19.8	0.67	16.3	3.01	260.5	8.26	5.12	42.8
La Cumplida	1	4.05		0.22	22.87	0.73	11.97	3.1	169.48	13.97	13.52	42.2

Fuente: Resultados de la investigación

Realizar periódicamente análisis de suelos en las fincas, puede ser un factor determinante en los rendimientos de los cafetales y en la incidencia de enfermedades. Al momento de realizar dicho análisis se puede determinar el estado nutricional que tiene el suelo, por lo que es la base para la formulación que se emplea en el manejo nutricional de los cultivos.

Cuadro 9. Requerimientos nutricionales de café productivo (Kg/ha/año)

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	S
Tallo	19.3	2.8	32.9	11.8	2.8	2.8
Ramas	17.9	2.5	23.9	7.5	4.2	1.5
Follaje	66.4	13	56.8	23.6	8.5	3.5
Fruto	37	3.3	43.3	4.1	4.2	3.1
Totales	140.6	14	157	47	19.7	10.9

Fuente: Carvajal (1984)

En las unidades de producción como La Cumplida debido a su pH relativamente bajo, realizaron el año anterior aplicaciones de triple cal tres onzas por planta, y para corregir los niveles de magnesio y calcio y azufre en el suelo. Según Lema y Rodríguez (2005), con carácter general se afirma que en los suelos ácidos es preciso efectuar encalados periódicos de mantenimiento para compensar la acidificación anual, cifrándose las necesidades medias de cal en valores de 200-

500 Kg/Ha. Las dosis efectuadas son de 340.91 por hectárea en la Cumplida lo que se encuentra en valores recomendados para elevar el pH a más de cinco, donde la incorporación de calcio y magnesio en el suelo se encuentran en los valores necesarios para reducir la acidificación y la asimilación de nutrientes en la planta, además de mantener reservas de los elemento (calcio y magnesio) en el suelo.

Cuadro 10. Aplicación de fertilizantes en las fincas de estudio

Nombre de fincas	Aplicación de fertilizantes en café productivo (kg/ha)							
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Calcio	Azufre	Boro	Zinc
INA Tepeyac	305.59	22.41	253.64	18.33	34.95	35.31	5.26	0.00
Zaragoza	196.10	19.99	208.06	78.34	63.15	21.19	1.33	3.93
El Limón	318.08	10.00	127.33	25.57	60.51	22.73	1.76	0.00
Santa Ana	126.56	15.47	105.05	8.44	0.00	0.00	0.00	0.00
La Cumplida	192.92	10.49	101.38	61.36	54.05	20.45	3.52	17.95

Fuente: Resultados de la investigación

En la finca Santa Ana la cantidad de nitrógeno aplicado es inferior al nitrógeno que consume la planta en producción que oscila entre 141 kg por cosecha basándonos en Carvajal (1984), en las demás fincas la aplicación de nitrógeno se mantienen en sus niveles además de lo que tienen disponible en el suelo.

Según la época y forma de aplicación de nitrógeno, el porcentaje de aprovechamiento por parte de la planta se puede ver afectado, siendo aprovechable desde un 30 – 60 % (Maidl & Brunner, 2002). Es por eso que en finca como la Ina Tepeyac, El Limón, La Cumplida y Zaragoza están por encima de lo requerido (Ver Cuadro 10), por las pérdidas que se dan por lixiviación y volatilización, donde dependerá de la intensidad lumínica y las lluvias al momento de la aplicación.

El fosforo aplicado es arriba de lo necesario pero eso se debe que la cantidad de fosforo disponible no existe en altas cantidades exceptuando El Limón y La

Cumplida, en cuyos suelos los niveles de fósforos son altos, por lo que no tienen tanta demanda de este elemento.

El potasio que necesita el café en producción es de 157 kg por cosecha según Carvajal (1984), lo cual en Santa Ana, El Limón y La Cumplida se encuentran muy por debajo de lo necesario, por lo que utilizan las reservas de este elemento que se encuentran en el suelo.

La cantidad de calcio que se aplican en las fincas se encuentra en los niveles óptimos para la planta, además que el elemento es utilizado para aumentar el pH del suelo.

Según Carvajal (1984), el cultivo de café requiere en etapa productiva de aproximadamente 19 kg de magnesio, y en las fincas encuestadas se está aplicando las cantidades suficientes de este nutriente para abastecer la necesidad del cultivo

La cantidad de azufre requerido por el cultivo de café productivo según Carvajal (1984) es de 10.9 kg/ha. En las fincas INA Tepeyac, Zaragoza, El Limón y la Cumplida se aplican 35.31, 21.19, 22.73 y 20.45 kg/ha de azufre respectivamente; siendo éstas aplicaciones más elevadas que las necesidades del cultivo, y se basan en la corrección de azufre en el suelo para que años posteriores el elemento se encuentre en nivel óptimo en el terreno.

Las aplicaciones realizadas para cada elemento se basan en los resultados de acuerdo al balance de cada uno de los nutrientes que se tiene en la finca.

Las fórmulas de los fertilizantes aplicados, exceptuando Santa Ana, se hacen en base a la necesidad del suelo para hacer eficiente la aplicación y brindar a la planta lo que necesita. Se toma en cuenta la riqueza del suelo y la necesidad de la planta de acuerdo a su fisiología, para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta.

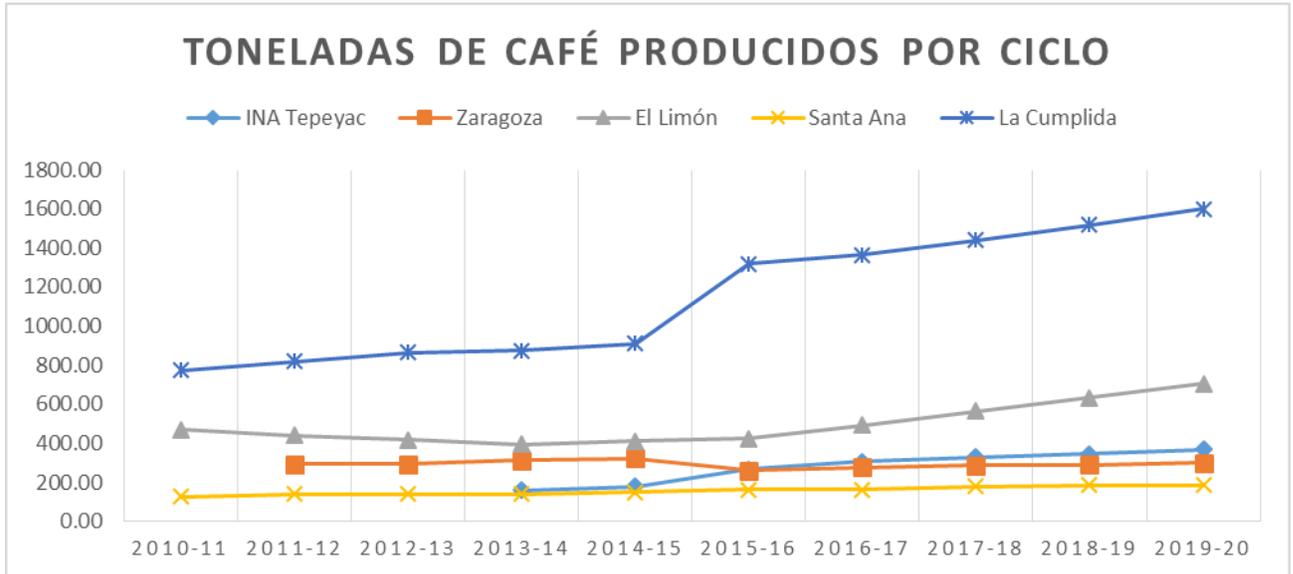
La importancia de los elementos menores se observan en su funcionalidad y necesidad en desarrollo de tejidos, floración, cuajado del fruto, estimulación de yemas en el cafeto.

Un tema importante es la aplicación de cal en el suelo que además de que corrige los niveles del pH de suelo permite una mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes, debido que al tener los niveles de pH adecuados la disponibilidad de nutriente va ser superior además la necesidad del calcio en la floración, cuajado del fruto es elemental, además de ser un elemento poco móvil es esencial tenerlo disponible en el suelo para que la planta lo absorba y lo tenga aprovechable para suplir su necesidad.

9.6. Producción de café

9.6.1. Producción de café por ciclo

Gráfico 5. Toneladas de café producido por las fincas de estudio



Fuente: Resultados de la investigación

La alternativa optada por los productores del estudio del departamento de Matagalpa, se basa en la incorporación de variedades resistentes a roya, renovando los cafetales cada año. Las renovaciones de los cafetales en años anteriores se ven representada por la producción de toneladas de café por ciclo.

En fincas como Zaragoza donde no hubo renovación hasta el ciclo 2015, se estima una reducción en la producción de café en los próximos dos años, y cuando las plantas renovadas inicie su ciclo productivo, se verá un incremento paulatino de la producción durante los siguientes ciclos.

En la finca el Limón se observa una baja en la producción en el ciclo 2013-14, debido a las renovaciones implementadas junto a una baja en la productividad de la finca, a causa de un cambio en la administración que se vio representada en el manejo, donde exponía el técnico existieron retrasos en las aplicaciones de fungicidas y fertilizantes, esto indica que la eficiencia del manejo de los programas

de roya, o del cafetal en general son la base para una alta productividad de las fincas.

La Cumplida a pesar de haber renovado 162.30 hectáreas en los ciclos 2010 - 2013, las toneladas de café producida por cada año se han incrementado, donde los rendimientos no se han visto afectados y debido a que siempre han realizado renovaciones de forma anual.

9.6.2. Rendimientos productivos de las fincas de estudio

Cuadro 11. Rendimientos por manzanas de las fincas de estudio

Nombre Finca	Rendimiento en Tn/Ha		
	2010-2013	2014	2015-2019
INA Tepeyac	1.99	2.26	3.1
Zaragoza	1.93	2.13	2.44
El Limón	2.13	1.73	3.23
Santa Ana	2.13	2.26	2.57
La Cumplida	2.26	2.44	2.57

Fuente: Resultados de la investigación

Los rendimientos en los ciclos de 2010 a 2013 fueron inferiores en todas las fincas en excepción del Limón, la afectación del patógeno *Hemileia Vastatrix* (Roya), se ve reflejado en los rendimientos productivos de cada unas de las fincas estudiadas, pero algo a considerar es la mejora en los rendimiento productivo en el ciclo del año anterior donde se demuestra la influencia del manejo en cada finca, debido a la adaptabilidad de los productores a la influencia de la enfermedad, y la eficiencia en el manejo requerido de los cafetales.

Algo a considerar es el incremento que se pretende en años posteriores, donde cada uno espera un incremento en los rendimientos productivos, debido a las plantaciones nuevas que se incorporaron en ciclos anteriores, donde se caracterizan por tener resistencia a la enfermedad, además de excelente productividad. La fertilización adecuada, el rol de aplicación de productos de

control, el manejo de sombra y manejo de tejidos, además de la incorporación de variedades resistentes se ven representado en los rendimientos de las fincas, donde a pesar de tener bajas en este aspectos la productividad de cada una de ella es representativas.

X. CONCLUSIONES

Se rechaza la hipótesis general, ya que las condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa inciden de manera significativa en los programas de manejo de roya de las fincas estudiadas.

Se acepta la hipótesis de investigación número uno ya que el manejo que se le da a los cafetales, aplicación de fungicidas, regulación de sombra, fertilización permite mantener los índices de afectación en porcentajes bajo de su umbral económico.

Se rechaza la hipótesis de investigación número dos debido que las alternativas y el manejo que se le brindan a los cafetales depende de las condiciones edafoclimáticas de la localización de la finca, teniendo en cuenta los periodos de lluvias, la temperatura y humedad relativas de los cafetales, incidirán en los controles para la enfermedad además del establecimientos de variedades resistentes adecuadas a la zona.

Las condiciones edafoclimáticas son las que les brinda a la roya (*Hemileia vastatrix*) el ambiente adecuado para su desarrollo y su diseminación en los cafetales, y el control de la enfermedad permite mantener los rendimientos de los cafetales con promedios productivos rentables, por tanto se rechaza la hipótesis de investigación número tres.

Las alternativas para los programas de manejo de roya (*Hemileia vastatrix*), están determinadas de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas presente en la finca, rechazando la hipótesis de investigación número cuatro, ya que el porcentaje de sombra, aplicaciones foliares, fertilización dependerá del ambiente en que se encuentran los cafetales.

XI. RECOMENDACIONES

La implementación de variedades resistentes es la manera más eficaz para un control efectivo de la roya (*Hemileia vastatrix*), ya que se reduce los costos en la aplicación de fungicidas y la constancia de cada aplicación, esto debido que los altos precios de los fungicidas más eficiente para el control de esta enfermedad.

Realizar rotaciones de fungicidas para evitar resistencias del hongo (*Hemileia vastatrix*) y preferiblemente utilizar productos con dos moléculas distintas (Estrobirulina y triazol) para un control eficaz de la enfermedad.

Hacer muestreos periódicos de enfermedades antes de cada aplicación de fungicidas, y llevar registros de cada una de estas para controlar los días que lleva el desarrollo del hongo antes de realizar el siguiente control; además esto nos dice si se realiza el control a los focos a al plantío en general.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M., & Rojas, G. (1994). Características Botánicas del cultivo del café. *El cultivo y el beneficiado del café, Primera edición*, 11-20. San Jose, Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- AMUPNOR. (2012). Asociación de Municipios Productivos del Norte. Matagalpa. Recuperado el 23 de OCTubre de 2014, de <http://www.amupnor.com/mat01>
- ANACAFE. (1998). Manual de caficultura. *La sombra del cafetal*. Guatemala, Guatemala: tercera edición, asociacion nacional del café.
- ANACAFÉ. (2006). Guía técnica de fertilización. Guatemala.
- Anzueto, F. (2013). El Cafetal: la revista del caficultor. *Recomendaciones para el control de la roya*, 35. Guatemala.
- Arcila, J., & Farfán, F. (2005). Sistemas de producción de café en Colombia. *Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca*. Bogotá, Colombia.
- Barquero, M. (2013). Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix berx et Br. *Instituto del café de Costa Rica. Centro de investigacione en café (CICAFE)*. San José, Costa Rica: 3era. Edición, ICAFE, 2013. Programa de fitopatología.
- Baylón, M., Contreras, P., Medina, M., Tórrez, M., & Zelaya, D. (1996). Manual de caficultura de Nicaragua. *Origen, historia, distribución y ecología del café (Coffea arábica)*, 34. Managua, Nicaragua: CENACOR.
- Carvajal, J. (1984). ANACAFE. *Nutrición del café*. Guatemala.
- Castillo, O. (1996). Manual de caficultura de Nicaragua. *Suelos y nutrición del cafeto*. Managua, Nicaragua: CENACOR.

- Chaves, V. (1999). XI congreso nacional agronómico. *Manejo de la fertilización en café*. San José, Costa Rica.
- CICAFE. (2011). Guía técnica para el cultivo de café. 4. San José, Costa Rica: Litografía e imprenta LIL, SA.
- Exportadora Atlantic. (2015). Variedad Marsellesa. Matagalpa, Nicaragua.
- FUNIDES. (2013). *El impacto de la roya en el café de Nicaragua y su situación actual*. Nota técnica No. 01/13: Elaborada y publicada por Funides y Funica.
- Garcia, A. (2013). *Roya del café. Respuesta de apoyo internacional*. Guatemala, Guatemala.
- Gaspar, L. (2013). Estrategia para el manejo de la resistencia a fungicidas de alto riesgo. *Estrobirulinas y triazoles*. Guatemala.
- Guhuray, F., Monterrey, J., Monterroso, D., & Staver, C. (2000). Manejo integrado de plagas en el cultivo de café. (14), 13. Managua, Nicaragua: INPASA.
- INETER. (2012). Mapas de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- INIFOM. (1999). Instituto Nicaraguense de Fomento Municipal. Recuperado el 23 de Octubre de 2014, de <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/matagalpa.pdf>
- Jarquín, O., Obregón, S., & Zelaya, D. (1996). Manual de caficultura de Nicaragua. *Manejo de tejidos de café*, 92. Managua, Matagalpa: CENACOR.
- Jiménez, J. (2007). Fijación biológica de nitrógeno por leguminosas arbóreas para sombra de café en Puerto Rico. 48. Puerto Rico.
- La Prensa. (22 de Mayo de 2013). La roya afecta 74% de café en ES. (K. López, Ed.) *La prensa gráfica*, pág. Sección economía. Obtenido de <http://www.laprensagrafica.com/oic--la-roya-afecta-74---de-cafe-en-es>
- Lema, M., & Rodríguez, P. (2005). Dosis de campo para el encalado de suelos acidos.

- MAGFOR. (2013). El café en Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Maidl, F., & Brunner, E. (2002). Potato uptake and recovery of nitrogen. *N-enriched ammonium nitrate*, 167-177. Weihenstephan, Freising, Alemania: Elsevier.
- Mendoza, H., Zelaya, D., Contreras, P., & Obregón, S. (1996). Manual de caficultura de Nicaragua. *Sombra del cafetal*. Managua, Nicaragua: Talleres gráficos del Centro Nacional de Comunicación Rural, CENACOR.
- MINAGRI. (2013). *Situación del mercado del café en grano*. Peru: Ministerio de Agricultura y riego (MINAGRI).
- Ordóñez, M. A., Viera, C., & Hernan, M. (2001). Manual de Caficultura 3ra edición. *Metodo de control de malezas*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Hondureño de café (IHCAFE).
- Palma, M. R. (1998). Poda de los cafetales. San Pedro Sula, Honduras.
- Prensa Libre. (2014). Oxfam sugiere hacer uso de la agroecología contra roya de café en Nicaragua.
- RAMAC. (s.f.). GLIFONEX 35.6 S.L. Managua, Nicaragua. Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de http://www.ramac.com.ni/?page_id=342
- Ramírez, J. (1996). Agronomía costarricense. *Estudio de sistemas de poda de café por hileras y por lotes*. San José, Costa Rica.
- Rugama, M. (2014). Roya fuerza migración. Esteli, Nicaragua.
- Sadeghian, S. (2008). Centro Nacional de Investigaciones de Café. *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia*, X(32), 6. (S. M. Marín, Ed.) Chinchiná, Caldas, Colombia: Feriva SA.
- Sánchez, L. (1985). Poda del cafeto. Venezuela.
- Somarriba, L. S., & Vallejos, R. M. (Diciembre de 1996). Manual de Caficultura de Nicaragua. *Manejo de malezas*, 165-180. Managua, Nicaragua: Talleres gráficos del Centro Nacional de Comunicación rural CENACOR.

Subero, L. (s.f). La roya del cafeto. *Infocafes*. Lima, Peru.

Úbeda, R. (1996). Manual de Caficultura de Nicaragua. *Manejo de las enfermedades del café*, 132-136. Managua, Nicaragua: Talleres gráficos del Centro Nacional de Comunicación rural CENACOR.

Valencia, F. F. (2010). Producción de café en Sistemas Agroforestales. 161 - 200. Colombia: Federación nacional de cafeteros de colombia .

Villeda, A. (1999). Asociación Nacional del Café. *Tipos de poda*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

ANEXOS