



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MEDIDAS  
SANTARIAS Y FITOSANITARIAS**

**Trabajo de Graduación**

**Análisis de la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley &  
Broome) con base al Sistema de Alerta Temprana  
para el cultivo del Café (*Coffea* spp), en Nicaragua**

**AUTOR**

Ing. Roberto José Aguilar García

**ASESORES**

Dra. Isabel Cristina Herrera Sirias

Dr. Arnulfo José Monzón Centeno

**Managua, Nicaragua**

**Agosto, 2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MEDIDAS  
SANITARIAS Y FITOSANITARIAS**

**Trabajo de Graduación**

**Análisis de la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley &  
Broome) con base al Sistema de Alerta Temprana  
para el cultivo del Café (*Coffea* spp), en Nicaragua**

**AUTOR**

**Ing. Roberto José Aguilar García**

*Presentado a la consideración del  
Honorable Tribunal Examinador como  
requisito final para optar al grado de Maestro  
Profesional en Medidas Sanitarias y  
Fitosanitarias*

**Managua, Nicaragua  
Agosto, 2019**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos Específicos	4
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	5
3.1. Principales zonas de producción del Café	5
3.2. La roya del café	6
3.3. Prácticas de manejo y su relación con la incidencia y severidad de la enfermedad	9
3.4. Antecedentes del Sistema de Alerta Temprana	10
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	15
4.1. Diseño del estudio	15
4.2. Descripción de la metodología para las fases del estudio	15
4.3. Variables evaluadas	17
4.4. Análisis de los datos	18
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	19
5.1. Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprano de Café (SATCAFE)	19
5.2. Incidencia de la roya en los departamentos y municipios de Nicaragua ciclo 2017-2018	25
5.3. Distribución temporal de la incidencia promedio de roya en Nicaragua	42
5.4. Incidencia de la roya del café de por etapa fenológica del cultivo	43
5.5. Incidencia de la roya del café de acuerdo a la variedad	45
5.6. Análisis epidemiológico de la roya en el departamento de Carazo	47
5.7. Consideraciones finales	53
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	54
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	55
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	56
<b>IX. ANEXOS</b>	59

## **DEDICATORIA**

A:

Dios por su infinito amor y misericordia para conmigo

Mis hijos: Francis Guísela, Joel Nicolás y Roberto José lo más importante en mi vida.

Mis padres: Francisca García y Felix Aguilar por todo su amor y apoyo que me han dado a lo largo de mi vida.

***Ing.*** Roberto José Aguilar García

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto de Protección de Sanidad Agropecuaria (IPSA), por el apoyo brindado durante todo el trabajo de investigación.

A mis asesores: Dra. Isabel Herrera Sirias por su paciencia y su valioso conocimiento aportados a mi trabajo de tesis.

A mi estimado Doctor: Arnulfo Monzón por compartir generosamente su sabiduría y su tiempo para este trabajo.

A mi estimado amigo MSc. Martín Agenor Rosales Mondragón por su consejo y sabiduría.

A cada uno de mis amigos, colegas de trabajo y familiares que siempre han estado brindándome su apoyo en cada etapa de mi trabajo de tesis.

A mis estimados amigos por su apoyo y confianza, Fernando Leal y Guillermo Barquero.

A la señora Kenia Berrios por todo su apoyo incondicional hacia mi persona.

***Ing.*** Roberto José Aguilar García

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Promedios comportamiento de la roya para los departamentos en las variables evaluadas, mediante la implementación del sistema de Alerta Temprana para el cultivo del café, ciclo 2017-2018	51
2	Progreso de la roya en las fincas bajo estudio, mediante la implementación del sistema de Alerta Temprana para el cultivo del café, ciclo 2017-2018	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana en el Cultivo de café (Fuente: FAO, 2016)	13
2	Levantamiento de información mediante el uso del Sistema de Alerta Temprana en el Cultivo de café (Fuente: FAO, 2017)	14
3	Flujograma del levantamiento de datos en campo, para determinar el comportamiento de la roya del café (Fuente: FAO, 2016)	24
4	Incidencia promedio de roya por departamento, ciclo 2017-2018, a partir de base de datos del sistema de alerta temprana de café (SAT-CAFÉ), Nicaragua	25
5	Incidencia promedio e incidencia máxima de la roya del café en los departamentos de Nicaragua, ciclo 2017-2018	26
6	Incidencia promedio de roya en los municipios con mayor afectación, ciclo 2017-2018, a partir de base de datos del sistema de alerta temprana de café (SAT-CAFÉ), Nicaragua	28
7	Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Matagalpa, ciclo 2017-2018	29
8	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Matagalpa, ciclo 2017-2018	30
9	Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Boaco, ciclo 2017-2018	30
10	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Boaco, ciclo 2017-2018	31
11	Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Estelí, ciclo 2017-2018	32
12	Incidencia de roya del café en los meses de muestreo del departamento de Estelí, ciclo 2017-2018	32
13	Incidencia de roya del café en los municipios del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018	33
14	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018	33
15	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Granada, ciclo 2017-2018	34
16	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Granada, ciclo 2017-2018	35
17	Incidencia de la roya del café en los diferentes municipios evaluados en el departamento de Jinotega, ciclo 2017-2018	36
18	Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Jinotega, ciclo 2017-2018	37
19	Incidencia de la roya del café en los diferentes municipios evaluados en el departamento de Madriz, ciclo 2017-2018	37
20	Afectaciones de la roya del café en los diferentes meses evaluados en el departamento de Madriz, ciclo 2017-2018	38

21	Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Nueva Segovia, ciclo 2017-2018	39
22	Incidencia de la roya del café en los diferentes meses evaluados en el departamento de Nueva Segovia, ciclo 2017-2018	39
23	Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Masaya, ciclo 2017-2018	40
24	Incidencia de la roya del café durante los meses de monitoreo en el departamento de Masaya, ciclo 2017-2018	41
25	Incidencia de la roya del café, promedios mensuales a nivel nacional en los departamentos de Nicaragua, ciclo 2017-2018	42
26	Incidencia promedio nacional de la roya del café en las etapas fenológicas del cultivo. Nicaragua, ciclo 2017-2018	44
27	Incidencia de roya del café a nivel nacional de acuerdo a la variedad durante el ciclo 2017 – 2018, Nicaragua	46
28	Incidencia de la roya del café en cuatro fincas del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018	48
29	Incidencia promedio de la roya del café en las fincas bajo estudio en el departamento de Carazo, ciclo 2017-2018	48
30	Área bajo la curva de progreso de la roya del café en las fincas del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Ubicación de las fincas de referencia nacional, empleadas en el Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de Café (SAT-CAFÉ)	60
2	Análisis de los componentes, funciones y aportes del sistema de alerta Temprana en el cultivo de café en Nicaragua	64
3	Selección de ubicación de la finca para el levantamiento de datos de afectaciones por roya del café	65
4	Detalles para el levantamiento de datos de afectaciones por roya del café	66
5	Selección de la planta a ser muestreada en el cultivo de café para determinar el porcentaje de afectación por roya	67
6	Detalle del muestreo efectuado en el cultivo de café para determinar el porcentaje de afectación por roya	68

## RESUMEN

El cultivo del café (*Coffea spp*), es uno de los rubros de mayor importancia en Nicaragua, el cual es afectado por problemas fitosanitarios siendo la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) la de mayor importancia económica. El objetivo del presente estudio fue contribuir a fortalecer el sistema de Vigilancia Fitosanitaria Nacional, mediante el análisis del uso del Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de café (*Coffea spp*) en Nicaragua, para el caso de la roya. Con el fin de valorar la utilidad del SAT se analizaron datos provenientes del sistema de vigilancia fitosanitaria del periodo mayo 2017 a abril 2018, a nivel nacional, departamental y local (Fincas), para determinar el comportamiento y afectaciones causadas por la roya. Se analizó la incidencia de la roya. Los resultados indican que el Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de café (SAT-Café), está conformado por cinco componentes, que en conjunto constituye una herramienta de importancia para el monitoreo de la roya del café en más de 100 fincas de referencia a nivel nacional, lo que permite monitorear las principales enfermedades y plagas del café, actividad que es desarrollado por 29 especialistas del IPSA; a pesar de ello la principal debilidad encontrada fue que el SAT no cuenta con una base de datos meteorológicos que permita implementar un sistema de pronóstico para alerta temprana. Las principales fortalezas del SAT-Café es que permite estudiar en tiempo corto, los problemas fitosanitarios de acuerdo a diversas variables como localidad, variedad, período y etapa fenológica y la información generada está accesible para los productores. El SAT-Café puede ser de mucha utilidad para realizar estudios epidemiológicos de las enfermedades, ya sea para fines de manejo para un estudio más profundo de la enfermedad. Se determinó que la incidencia de la roya del café fue mayor en los departamentos de Managua, Carazo y Rivas, siendo los municipios de Niquinohomo, Diriamba, Estelí, Granada, Altagracia, El Crucero y Masatepe, los de mayor incidencia de la enfermedad. La mayor incidencia registrada fue de noviembre 2017 a marzo 2018. Siendo las etapas fisiológica madurez de fruto a cosecha, donde se registró la mayor incidencia. Tomando en consideración la importancia de los problemas fitosanitarios del café, es urgente contar con un sistema de alerta temprana que disponga de información meteorológica, que permita la prevención y manejo de la roya del café.

**Palabras Claves:** *Coffea spp*, *Hemileia vastatrix*, Sistema de Alerta Temprana, departamentos, afectaciones

## ABSTRACT

Coffee (*Coffea* spp.) is one of the most important crops in Nicaragua, which is affected by phytosanitary problems being rust (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) one of the most economically important. The objective of the present study was to contribute to strengthen the National Phytosanitary Surveillance system, through the analysis of the use of the Early Warning System in the cultivation of coffee (*Coffea* spp) in Nicaragua. We analyzed data from the phytosanitary surveillance system from May 2017 to May 2018, at the national, departmental and local levels (Farms), to determine the affectations caused by rust. The rust dynamics and incidence percentage were analyzed. Descriptive analyzes (Average and Percentage) were used. It was determined that the system of Early Warning in the cultivation of coffee (SAT-Coffee), is composed of five components, which together are an important tool for the monitoring of coffee rust in more than 150 farms of reference at the national, this activity is developed by a specialist from the Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA). Through the implementation, it was possible to determine the behavior of coffee rust in the departments of Managua, Carazo and Rivas, with the municipalities of Niquinomo, Diriamba, Estelí, Granada, Altagracia, El Crucero and Masatepe, where the highest percentages were determined. of affectation due to the disease. The greatest affectations were found in the months of November to March. Being the physiological stages fruit maturity, harvest where the greatest affectations existed, regardless of the variety that was established. The behavior of the rust at national level and in the evaluated farms was very similar reaching percentage greater than 50% of affectation. The harvest is the phenological stage with the greatest effects on the crop.

**Keywords:** *Coffea* spp, *Hemileia vastatrix*, Early Warning System, departments, affectations

## I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica L.*) se produce en casi todos los países tropicales y es uno de los productos más apreciados de la agricultura (Le Pelley, 1973). En el comercio mundial el café ocupa el segundo puesto de valor entre los principales productos, siendo superado solamente por el petróleo (IICA, 2004).

En Nicaragua el café se cultiva en la zona norte, central y pacífico; sin embargo, las mejores condiciones agroecológicas para el cultivo lo presentan los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia, donde se ubica la mayor producción del país, con aproximadamente 70% del área y 85% de la producción nacional de café. El sector cafetalero genera alrededor de 300 000 empleos directos, esto constituye el 53% de los puestos de trabajo del sector agropecuario y el 14% del total del país (IICA, 2004).

En la actualidad este importante sector productivo está conformado por 44,519 productores, quienes cultivan 180,219.7 manzanas (126, 915.28 hectáreas), con áreas menores a las cinco hectáreas (Pequeños productores). Las principales zonas productoras de café son, Jinotega (35%), Matagalpa (25 %), Nueva Segovia (13 %), Madriz (8 %) y resto de zonas cafetaleras del país el 18 %, cultivando este rubro a altitudes comprendidas entre los 365 y los 1500 metros sobre el nivel del mar (CENAGRO, 2013).

El cultivo de café es afectado por diversas plagas y enfermedades, siendo la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), la de mayor importancia. Avelino y Rivas (2013), afirman que la roya se manifiesta severamente en altitudes de 450 metros a 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm), sin embargo, se han encontrado afectaciones en todos los pisos altitudinales del país donde se produce café. Esta enfermedad está relacionada a una alta carga fructífera, falta de fertilización, uso inadecuado de fungicidas y variabilidad climática, lo que debilita la planta haciéndola más susceptible. Estos autores consideran a la roya una enfermedad de importancia económica, lo cual se ha puesto de manifiesto en la epidemia más reciente en el 2012.

En la región centroamericana se reportan afectaciones por esta enfermedad entre el 20 y 70% lo que son considerados altos (Panamá 60%, Costa Rica 10%, Honduras 32.8%, El Salvador 20%, Nicaragua 32%, Guatemala 70%, República Dominicana 21%), presentando afectaciones hasta en el 100% en las plantaciones Villarreyna (2014), lo que conlleva a realizar acciones urgentes en su manejo (Mejía, 2015).

La roya constituye un tema de primer orden acarreado pérdidas desde el 2012 que no se han recuperado, reportando la región Centroamericana pérdidas hasta de 18.2 millones de sacos de 46 kg, El impacto de la enfermedad en la caficultura es grave por sus consecuencias socioeconómicas, tales como la pérdida de ingresos y empleos ocurridos en todos los países, particularmente en las poblaciones rurales (Mejía, 2015).

Actualmente, con el acompañamiento de FAO se está implementando el sistema de alerta temprana para el cultivo de café en Centro América y El Caribe. El sistema funciona sobre la base del conocimiento de las condiciones climáticas lo que permite emitir alertas sobre el comportamiento de la enfermedad bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad relativa y precipitación, generando información útil para que el productor implemente medidas preventivas.

Para entender la roya se debe estudiar su comportamiento en los diferentes meses del año y regiones agroecológicas del país, es por ello que el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria, mediante el Sistema de Vigilancia Fitosanitaria a partir del año 2015, está implementando el Sistema de Alerta Temprana como una herramienta de monitoreo para evaluar las afectaciones de roya en tiempo real y poder predecir los meses de mayor afectación y los departamentos que son más afectado por la enfermedad y tomar medidas de acción preventiva (FAO, 2016). El Sistema de alerta temprana implica el uso de dispositivos móviles que permiten recopilar información en tiempo real por parte de los especialistas y tomar decisiones en menor tiempo, esto vendrá a reducir las afectaciones en las plantaciones de café.

Un sistema de alerta temprana tiene básicamente cuatro componentes: conocimiento del riesgo, monitoreo de los distintos indicadores que reflejan la aparición y gravedad del impacto de la enfermedad, gestión de la información y un plan de contingencia o respuesta que permita proponer acciones para responder a la amenaza inmediata, mitigar su impacto y tomar medidas para evitar futuras crisis (FAO, 2017).

En Centroamérica, la epidemia ocurrida en el 2012 ha sido considerada una de las más severas, causando efectos sobre la producción por defoliación y muerte de ramas, de manera precoz, provocando la caída de frutos antes de la cosecha con pérdidas estimadas en 20% (Avelino y Rivas 2013). A pesar que Nicaragua fue uno de los países menos afectados se reportaron incidencias de hasta 37% con pérdidas por debajo del 10%.

En consecuencia, tomando en consideración que en Nicaragua el café ocupa el sexto lugar en aporte al PIB, se hace necesario conocer con anticipación y con cierto grado de certeza en qué tiempo y espacio una amenaza o evento natural o causado por la actividad humana puede desencadenar situaciones potencialmente peligrosas (Virginio Filho y Astorga Domian, 2015), por tanto se requiere contar con información para tomar acciones oportunamente y poder evitar o mitigar el impacto negativo de la roya en las plantaciones de café. El sector productivo del café y autoridades deben disponer de información sobre probabilidad de brotes de la enfermedad, además brindar recomendaciones precisas para el manejo a corto y largo plazo (IPSA, 2017).

Tomando en consideración que la roya constituye una serie amenaza para la caficultura nicaragüense y que actualmente el IPSA, institución encargada de la vigilancia fitosanitaria del país, dispone de tecnologías como es el caso del SAT café, el presente estudio tiene como objetivo contribuir con información científica al fortalecimiento del Sistema de Vigilancia Nacional, mediante el análisis del uso del Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de café (*Coffea spp*) en Nicaragua.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Contribuir a fortalecer el sistema de Vigilancia Fitosanitaria Nacional, mediante el análisis del Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de café (*Coffea spp*) y su aporte en la implementación oportuna de medidas de manejo de la roya de café en el periodo mayo 2017 a abril 2018.

### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Describir el funcionamiento del sistema de alerta de temprana de Café (SATCAFE) con el fin de identificar su función, aportes y limitantes que coadyuven el fortalecimiento del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria en Nicaragua
2. Describir el comportamiento de la roya del café tomando como base las variables localidad, variedad y etapas fenológicas, información obtenida a través del SAT-Café.
3. Interpretar el comportamiento de la epidemia de roya del café en fincas del departamento de Carazo, en el período comprendido de mayo 2017- abril 2018, tomando como base datos del SAT- Café.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. Principales zonas de producción del Café**

De acuerdo a Bucardo (2015), en Nicaragua existen tres regiones productoras de café bien definida la región Norte central, Noreste y Pacifico Sur, las cuales se detallan a continuación.

##### **3.1.1. Región Norte Central**

En esta zona se llega a producir cerca del 83.80% de la producción nacional de café y esto se debe a las condiciones agro-ecológicas favorables para este cultivo, incluye los departamentos de Matagalpa, Jinotega y Boaco. Esta zona incluye la llanura de montañas Isabelia, las montañas de Peñas Blancas y las montañas de Matagalpa y Jinotega. Estas condiciones hacen de estas áreas de cultivos primordiales para la producción del café.

##### **3.1.2. Región Noreste**

Esta región representa el 13.60% de la producción nacional comprende los departamentos de Madriz, Nueva Segovia y Estelí. En donde sobresalen los municipios de Dipilto y Jalapa en Nueva Segovia; Mira flor y Pueblo Nuevo en Estelí; las Sabanas, Somoto Viejo, San Juan de Río Coco y Telpaneca en Madriz. En cada municipio se encuentra calidades diferentes de café, por lo cual estas zonas pueden crear marcas diferenciadas en la taza, abriendo la ventana para productos geográficos distintivos.

### **3.1.3. Región Pacífico Sur**

Esta región se produce la menor cantidad de café alrededor del 2.60% de la producción nacional, incluyen los departamentos de Carazo, Granada, Masaya, Managua y Rivas. Se produce café de muy alta calidad con un excelente aroma, fragancia y acidez moderada para crear una taza fresca y bien balanceada. La producción en esta región es muy tradicional ya que es dirigida por productores pequeños, aunque se diferencia del resto del país en que las técnicas de procesamiento son mucho más integrales y centralizadas.

El autor antes mencionado hace referencia que el país cuenta con las condiciones agroclimáticas, mano de obra para las labores agrícolas, sin embargo, los rendimientos son bajos (0.45 toneladas por hectáreas), un factor que incide en los bajos rendimientos es la tecnología desfasada, falta de asistencia técnica, mal manejo del suelo, mal beneficiado, insumos insuficientes, falta de financiamiento, lo que se traduce en afectaciones severas por plagas y enfermedades.

### **3.2. La roya del café**

La roya del café es una enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*. Pertenece a la familia *Chaconiaceae*, del orden Uredinales de la clase *Urediniomycetes* (Villarreyana, 2014 Avelino y Rivas, 2013). Anteriormente, se agrupaba dentro de la familia de las *Pucciniaceae*, pero a través de estudios moleculares y morfológicos se determinó su mayor cercanía a la familia *Chaconiaceae*. Este hongo presenta ocasionalmente teliosporas y basidiosporas y su principal forma de multiplicación es la uredospora. Esta enfermedad se define como un parásito obligado que se alimenta de las hojas vivas de las especies del género *Coffea*, siendo *C. arabica*, la más afectada.

La enfermedad provoca la caída temprana de las hojas y, en casos extremos, muerte de ramas, lo que se traduce en pérdida de rendimiento, principalmente en el año siguiente a la afectación. En epidemias severas, donde hay exceso de muerte de ramas, las plantas tienen que ser podadas, con la esperanza de que rebroten. En esos casos, hay pérdidas a largo plazo, posiblemente de unos 3-4 años, las que aún no han sido bien documentadas (Avelino y Rivas, 2013).

En la actualidad, no se ha reportado ningún hospedero alternativo de la roya, su origen primitivo sugiere que la roya es autoica, es decir que su ciclo biológico se cumple en la misma planta parasitada sin necesidad de otro hospedero (Avelino y Rivas 2013). Desde su aparición, la roya se ha considerado una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de café, por las pérdidas ocasionadas en los rendimientos (Avelino, *et al.*, 2012).

### **3.2.1. Ciclo Biológico de la enfermedad**

El ciclo de vida de la enfermedad se desarrolla en las siguientes etapas: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación.

#### **a). La diseminación**

Se realiza por medio de uredosporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), las que, producidas en cantidades, forman el polvillo amarillo que observamos en el envés de la hoja. Esta etapa se divide en una fase de liberación, en la cual la uredospora se despegga del esporóforo (abandona la lesión), una fase de dispersión y otra de deposición de la espora sobre la hoja nueva (Rivillas *et al.* 2011).

### **b). La germinación**

Esta etapa inicia con la llegada de las uredosporas al hospedero. Estas uredosporas se depositan en la hoja en la cara inferior haciendo un reconocimiento de los estomas desarrollados como su superficie donde germinarán. Las condiciones óptimas para la misma comprenden: temperatura de 22°C, oscuridad y agua libre durante el proceso hasta la penetración. La germinación constituye el inicio del proceso infeccioso en sentido amplio; sin embargo, la infección en sí no está realmente establecida debido a que el hongo se desarrolla únicamente a partir de sus propias reservas. La espora una vez germinada emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6-8 horas (Rivillas *et al.* 2011).

c). **Penetración:** Es la etapa en la cual la espora germinada, mediante una hifa, penetra a través de los estomas (bien formados) de la hoja, hasta la cámara subestomática (Silva *et al.* 2002). El hecho de que para la penetración se necesitan estomas bien formadas, permite explicar las razones por las cuales las hojas jóvenes con maduración de estomas incompleta son menos receptivas que las hojas adultas. Es en esta etapa cuando se establece la relación patógeno-hospedero, y empieza la infección de manera más estricta.

### **d). Colonización**

La colonización ocurre de manera intracelular. Luego de la penetración al interior de la hoja, el hongo desarrolla una estructura denominada haustorios, los que entran en contacto con las células la planta y es a través de estas estructuras que extraen los nutrientes para su crecimiento (Rivillas *et al.*, 2011). En esta etapa de colonización de la hoja por las hifas del hongo, se presenta la formación de los primeros síntomas visuales.

#### **e). Esporulaci3n**

Esta etapa se produce luego de la colonizaci3n. Est3 constituida por la emergencia posterior del espor3foro y la producci3n de nuevas esporas infecciosas. Por la invasi3n de hifas a una c3mara subestom3tica, se produce un grupo de c3lulas espor3genas o protosoros. Algunas emergen por la apertura del estoma y producen un espor3foro. Cada grupo emergido de un estoma constituye un soro o p3stula que produce uredosporas (Silva *et al.*, 2012), una lesi3n produce m3s de 400.000 uredosporas en tres meses, las que ser3n dispersadas para iniciar el nuevo ciclo.

### **3.3. Pr3cticas de manejo y su relaci3n con la incidencia y severidad de la enfermedad**

De acuerdo a Villarreyana, (2014), las pr3cticas de manejo que pueden reducir el impacto de la roya. Sin embargo, ninguna pr3ctica utilizada de forma independiente, lograr3 resultados eficientes. Pr3cticas de manejo, como la fertilizaci3n, control de malezas, aplicaci3n de fungicidas, usados de forma integral, pueden ayudar a amortiguar los efectos de la enfermedad.

#### **a). Manejo de la sombra en el caf3**

Los 3rboles de sombra en los cafetales, adem3s de contribuir positivamente a la conservaci3n de la biodiversidad, aportan a las familias m3ltiples beneficios que ayudan a mejorar sus ingresos. Sin embargo, un exceso de sombra o un mal manejo puede crear condiciones favorables para el desarrollo de ciertas plagas y enfermedades perjudiciales al cultivo de caf3. En su relaci3n con la roya, la sombra juega un papel importante gracias a su efecto regulador de la carga fruct3fera (Anacafe, 2013).

### **b). Manejo de tejido de los cafetales**

La poda y deshija de los cafetos se han considerado por años como prácticas de manejo importantes para mejorar la productividad de plantaciones fuertemente agotadas, ya sea por excesos de producción, edad, afectaciones de plagas y enfermedades, entre otros. Se ha determinado que su implementación en el momento oportuno y de la forma adecuada, en combinación con otras prácticas de manejo puede disminuir en un 35 % la incidencia de roya del café (Estévez 1995). Su efecto puede estar más relacionado en la reducción del inóculo residual, ya que se pueden eliminar las hojas enfermas que quedan después de la cosecha, la que coincide con los picos de roya (Anacafe, 2013).

### **c). Distancia de Siembra**

La distancia de siembra utilizada por los productores de café es variable, aun cuando se trata de las mismas variedades. Esta variación en las distancias y densidades de siembra puede tener una relación directa con la incidencia y severidad de la roya del café. En un estudio realizado por Pérez (2015), se encontraron relaciones positivas entre estas dos variables.

## **3.4. Antecedentes del Sistema de Alerta Temprana**

Producto de las afectaciones provocada por la roya, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) en el año 2015 elaboró un proyecto a nivel centro americano para fortalecer el sector cafetalero, mediante la aplicación de tecnología móviles. Esta herramienta es parte fundamental del Sistema de alerta Temprana (SATCAFE), permite a los especialistas, productores. La recolección de datos de campo, permite el acceso a la información y estado fitosanitario del cultivo en tiempo real lo que permite la prevención de brotes de roya.

El Sistema de Alerta Temprana para Mesoamérica (SATMA), consistente en un desarrollo tecnológico basado en la utilización de aplicaciones móviles para el recuento de plagas en campo y aplicativos Web para su análisis e interpretación, teniendo como objetivo fortalecer la capacidad de respuesta de instituciones oficiales, gremios, asociaciones, cooperativas y productores, generando reportes de los niveles de incidencia de plagas (FAO, 2016).

Del Sistema de Alerta Temprana para Mesoamérica, nace el Sistema de Alerta Temprana para el cultivo del café al ser este un rubro de gran importancia para la región, el sistema informático llamado SATCAFE. El cual consiste en una plataforma, que se compone de un sitio web para el análisis e interpretación de los datos y de aplicaciones móviles para el levantamiento de estos. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) cada día tienen mayor alcance en los diferentes sectores productivos. En la actualidad, es difícil imaginar una organización, institución u organismo sin un sistema que le permita almacenar los datos que genera como producto para sus actividades y para su uso inmediato. Si a esto se le suma que cualquier organización busca generar ventaja competitiva, los sistemas de información se vuelven la herramienta predilecta en la búsqueda de la eficacia y eficiencia de los recursos con que cuenta una institución u organismo (FAO, 2016).

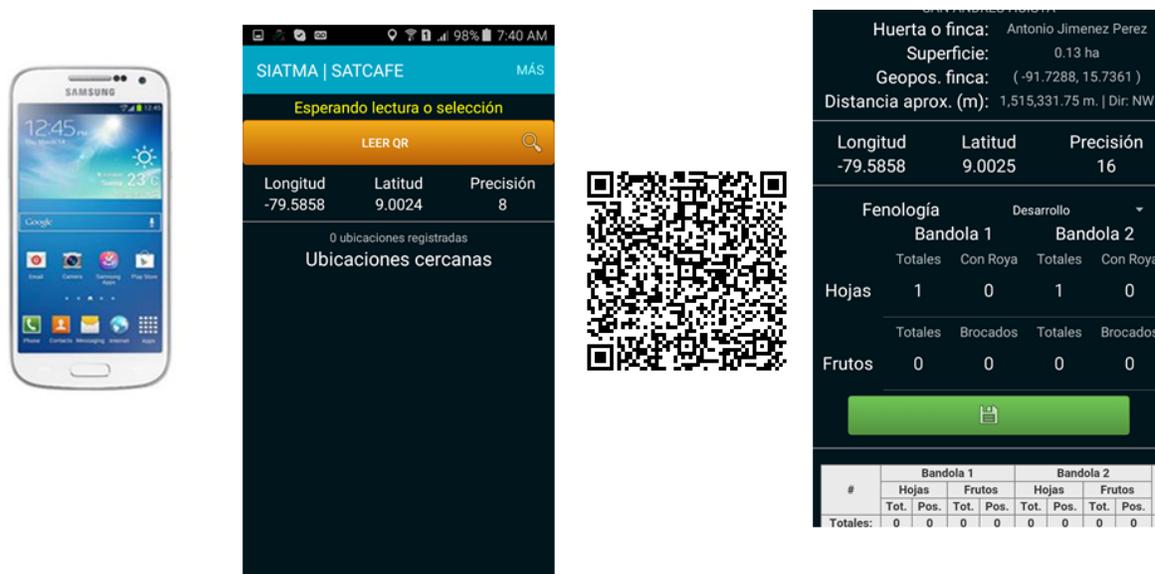
En el sitio web los datos de campos son procesados para brindar información respecto a los niveles de incidencia, áreas con presencia de la roya del cafeto a nivel de finca, regiones o departamentos. La herramienta está diseñada para que los técnicos fitosanitarios, productores y entes del sector cafetalero, den seguimiento, La herramienta está diseñada para que los técnicos fitosanitarios, productores y entes del sector cafetalero, den seguimiento puntual a la enfermedad antes mencionadas. Cabe señalar que para el funcionamiento de este sistema es necesario el uso de aplicaciones móviles, específicamente la de SATCAFE, se requiere contar con un dispositivo (teléfono celular o tablet), con sistema operativo Android.

De acuerdo a Pérez (2015), las afectaciones de roya en la región centro americana era del 33.2%, mediante la implementación del sistema de alerta temprana se logró reducir al 6.3%, esto conlleva a la reducción de caída de hojas y por consiguiente en el incremento de la formación de yemas productivas y mayores rendimientos. El monitoreo constante permite tomar decisiones en menor tiempo por parte de los especialistas, al constar con información, en tiempo real. Dicha información es empleada para realizar pronóstico del comportamiento de la enfermedad en los diferentes meses del año, considerando las condiciones ambientales de la región.

En Nicaragua antes del sistema de alerta temprana para el cultivo de café, se empleaban hojas de campo, la información recopilada por los técnicos de campo tardaba entre 5 y 10 días para llegar a la dirección de sanidad agropecuaria del IPSA. Mediante la aplicación del Sistema de alerta Temprana para el cultivo del café se cuenta con información real y actualizada. Este sistema toma importancia cuando existe un volumen de producción de 2,879,610.5 quintales (20 % es para consumo nacional y 80 % para exportación), generando US\$ 414,317,268.25, cuyas afectaciones provocarían reducciones entre los 70 y 100 millones de dólares, por lo cual el monitoreo constantes es primordial (Ballesteros, 2015).

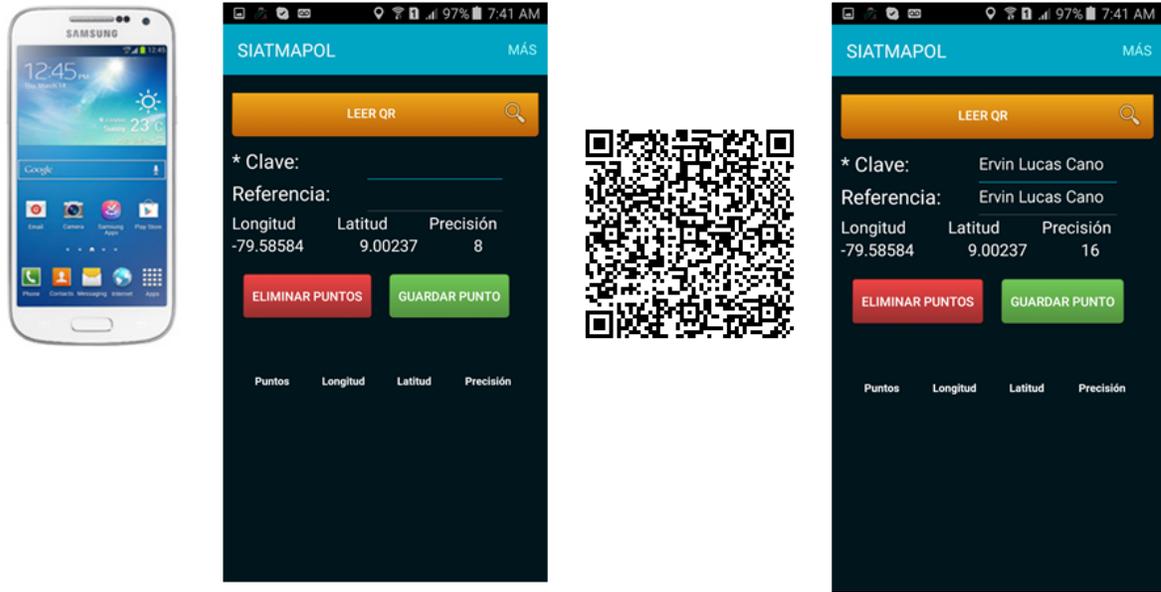
De acuerdo a FAO (2017), para el uso estratégico de este sistema se requiere la disposición una plataforma digital que permitirá el almacenamiento ordenado de los datos fitosanitarios, así como el tratamiento de los mismos para fortalecer las actividades de muestreo que se realizan en SATCAFE, lo que servirá a los especialistas que buscan información para apoyar la toma de decisiones del personal responsable de mantener el estatus fitosanitario deseado por cada productor.

El sitio web SATCAFÉ ofrece a los usuarios una solución tecnológica a sus necesidades con una herramienta de consulta de información. Esta plataforma se compone de un sitio con una respectiva aplicación móvil para el análisis e interpretación de datos, estos campos son procesados para brindar información respecto al muestreo de plagas y enfermedades, y está diseñada para que los técnicos fitosanitarios y productores den seguimiento puntual a las plagas y enfermedades que podrían afectar el cultivo de café (Figura 1).



**Figura 1.** Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana en el Cultivo de café (Fuente: FAO, 2016)

Para tener acceso a este sitio es necesario que el productor, investigador y extensionista este registrado en este portal, para alimentar el sitio web con datos de las afectaciones de roya en tiempo real (Figura 2). Para facilitar las tareas al realizar los registros de actividad de muestreo elaborado dentro del sistema web, facilitando el manejo de cada uno de sus módulos y funciones disponibles dentro del sitio permitiendo el dominio de todas las características disponibles para la administración del sistema (FAO, 2017).



**Figura 2.** Levantamiento de información mediante el uso del Sistema de Alerta Temprana en el Cultivo de café (Fuente: FAO, 2017)

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se desarrolló de mayo a noviembre del 2018 en las instalaciones del IPSA, ubicado en el Km 5½ Carretera Norte, Managua, Nicaragua. Para dicho estudio se utilizó información de la base de datos Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de Café (SAT-Café), correspondiente al período mayo 2017 – mayo 2018.

### **4.1. Diseño del estudio**

El estudio consistió de una investigación no experimental de corte transversal, siendo el propósito analizar la información obtenida en el Sistema de Alerta Temprana (SAT-Café) de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Se desarrolló en tres etapas: a) descripción y funcionamiento del SAT-café para el monitoreo de roya en las zonas cafetaleras de país, b) análisis de la incidencia de la roya del café en diferentes localidades, variedades y etapas fenológicas del cultivo, c) análisis epidemiológico de incidencia de la enfermedad en los municipios de San Marcos y Diriamba del departamento de Carazo, tomando como base datos del SAT café en el período comprendido de mayo 2017- mayo 2018.

### **4.2. Descripción de la metodología para las fases del estudio**

#### **4.2.1. Etapa 1: Descripción y funcionamiento del SAT-Café**

Para la ejecución de esta fase se estudió el Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de Café (SAT-CAFÉ), haciendo énfasis en sus componentes, sus requerimientos y funciones. Para ello se revisó la información contenida en la base de datos a nivel nacional del año 2017, la que contiene información de 103 fincas monitoreadas. Se analizaron los componentes que conforman el SAT-CAFÉ: técnicos de campo, equipamiento y aplicaciones, servidor IPSA, datos meteorológicos, fincas y productores, esto con el fin de conocer su funcionamiento, los aportes y limitantes de estos componentes y con base a la información obtenida proponer acciones de mejoras.

#### **4.2.2. Etapa 2: Análisis de la incidencia de la roya del café**

En esta etapa se analizó la incidencia de la roya del café en diferentes localidades, variedades y etapas fenológicas del cultivo. Este análisis se realizó para cada departamento y municipio. También se analizó el comportamiento temporal de la roya a nivel nacional, a partir de los registros mensuales disponibles para cada finca, municipio y departamento.

Para la descripción del comportamiento de la epidemia por municipio, se promedió los datos de la incidencia registrados en cada finca y en cada muestreo. La incidencia de la roya por cada variedad, se obtuvo mediante el promedio de la incidencia registrada para cada municipio, departamento y fechas de muestreo. Para la incidencia promedio de la enfermedad por etapas fenológicas del cultivo se procedió de la misma manera que para variedad. Las etapas consideradas fueron hojas nuevas, floración loca, floración principal, formación de frutos, desarrollo de frutos, maduración, fin de la maduración y cosecha.

#### **4.2.3. Etapa 2: Análisis de la incidencia de la roya del café**

Consistió en el estudio epidemiológico de la roya en cuatro fincas de los municipios de San Marcos y Diriamba en el departamento de Carazo, a partir de los datos de incidencia de roya contenidos en la base de datos de SAT - Café. Las fincas estudiadas fueron: Santa Rosa, Australia, Los Cocos y San Rafael. Con los datos de estas fincas se estimaron las variables epidemiológicas siguientes: Área bajo la curva de progreso, tasa de enfermedad, incidencia máxima, incidencia mínima.

Las tasas mensuales de progreso de la enfermedad se calcularon con base al modelo logístico Van der Plank (1988). El área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) se estimó utilizando la fórmula de Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde,

ABCPE = área bajo la curva de progreso de la enfermedad

y = porcentaje de follaje afectado en cada lectura

t = tiempo de cada lectura

Se calcularon las tasas mensuales de progreso de la enfermedad (con base al modelo logístico), a partir de la fórmula de Van der Plank (1988).

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \left[ \ln\left(\frac{Y_2}{1 - Y_2}\right) - \ln\left(\frac{Y_1}{1 - Y_1}\right) \right]$$

Donde,

r = tasa de progreso de la enfermedad

t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> = tiempos de evaluación de la enfermedad (dos lecturas consecutivas)

ln = logaritmo natural

y<sub>1</sub> y y<sub>2</sub>, registro de la enfermedad en los tiempos t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> respectivamente

### 4.3. Variables evaluadas

- Incidencia de la enfermedad a nivel de departamento.
- Incidencia de enfermedad por variedades
- Incidencia de la enfermedad por etapas fenológica

Para conocer el porcentaje de incidencia de la enfermedad se seleccionaron bandolas de la parte baja, media y alta, las afectaciones observadas determinaron el grado de incidencia de la enfermedad, según el porcentaje de daño causado en la hoja.

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{No. de hojas con síntomas}}{\text{No. total de hojas evaluadas}} * 100$$

#### **4.4. Análisis de los datos**

Con los datos obtenidos de la base de datos, sobre la incidencia de la roya por departamento, variedad y etapas fenológicas se realizó un análisis utilizando estadística descriptiva, calculando los promedios de incidencia de roya para identificar en que departamentos, variedades y etapas fenológicas se registraron los mayores y los menores valores de incidencia. Con los datos de incidencia de roya de las fincas localizadas en el departamento de Carazo, se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, tasas mensuales de progreso de la enfermedad. El área bajo la curva se empleó para determinar el grado de intensidad de la enfermedad en todo el período estudiado.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. Funcionamiento del Sistema de Alerta Temprano de Café (SATCAFE)**

El sistema de alerta temprana en café, está constituido por cinco componentes: técnicos de campo, equipamiento, servidor, datos meteorológicos y fincas cafetaleras. El componente humano (Técnicos de campo) es primordial para poder obtener la información directamente en las plantaciones de café, seguido por el equipamiento, por su importancia para el registro de datos de campo, el servidor para el acopio de la información, datos meteorológicos para correlacionarlos con la incidencia de la enfermedad y fincas necesarias como bases importantes para el funcionamiento del sistema. El sistema de alerta temprana (SAT) consiste de un conjunto de acciones que se desarrollan para mantener la vigilancia de un evento previsible que se pueda presentar en un momento determinado (UNESCO *et al.* 2011). Cada uno de los componentes se describe a continuación.

#### **5.1.1. Técnicos de campo**

El sistema de alerta temprana cuenta con 29 técnicos de campo, quienes atienden el total de fincas incluidas en el sistema. Todos cuentan con formación en el campo de la Fito protección y su selección fue con base en su experiencia en el manejo de plagas en café. Además, todos los técnicos recibieron una capacitación sobre el funcionamiento del sistema SAT – Café, incluyendo metodología de muestreo, registro y manejo de la información. Los técnicos son los encargados de hacer los muestreos y levantar la información sobre la incidencia de la roya del café en campo.

Para el muestreo, en cada finca se selecciona y se marca un lote, en el que se realizan todos los muestreos. En el lote se seleccionan aleatoriamente 30 plantas y en cada planta se selecciona dos bandolas y en cada una de ellas se cuenta el número total de hojas y el número de hojas con roya. Los técnicos, además, son los encargados de mantener la base de datos actualizadas mediante los muestreos mensuales (Anexo 1).

Quezada (2015) afirma que los técnicos de campo son fundamentales para la implementación del Sistema de Alerta Temprana, al ser estos los que están directamente en los territorios, realizando el monitoreo del comportamiento de la enfermedad (Anexo 2).

### **5.1.2. Equipamiento y aplicaciones**

El equipamiento básico del SAT- Café lo constituye un teléfono celular de gama alta, con acceso permanente a internet y con la aplicación SAT- Café, la que es específica para el registro y procesamiento preliminar de la información. Cada técnico dispone permanentemente de un teléfono celular en el que se registra la información y es enviada en tiempo real al servidor donde se almacena toda la información nacional.

La alimentación del sistema se da través de los técnicos de campo quienes semanalmente envían la información generada de los muestreos en cada finca. La información que brinda el técnico permite conocer con exactitud la posición de la planta afectada por roya. Una de las características del sistema es contar con información actual y en tiempo real. Quezada (2015) reporta que estas coordenadas permiten la creación de mapas y polígonos de las fincas desde un ordenador ubicado en el IPSA central.

Es muy importante agregar que los datos son obtenidos con rapidez, efectividad y confiabilidad, así mismo se encuentran disponibles para una revisión en tiempo y forma. Además, para registrar la actividad de muestreo se cuenta con un formulario configurable para ingresar la actividad realizada (FAO, 2017).

### **5.1.3. Servidor**

El servidor es administrado por la FAO, el portal web genera gráficas, polígonos, registros obteniendo de la base de datos central, con el cual se puede hacer diferentes manejos de la información de acuerdo a las necesidades. Dentro de las responsabilidades del administrador es velar por la realización de monitoreo en tiempo y forma, y evaluar el muestreo de los técnicos, así como de brindar soporte al técnico en campo a la información recopilada en las fincas. Los equipos para el levantamiento de la información son proporcionados por el IPSA a cada técnico.

El SAT-Café cuenta con un servidor central, localizado en el IPSA, donde se registra toda la información nacional. Además, se cuenta con un servidor Web regional, en donde se registran y verifican los registros desde un ordenador con acceso a internet, este es manejado por la FAO, quien se encarga del mantenimiento y soporte de la información. De acuerdo a Quezada Fiallos (2015), este organismo tiene la función de realizar monitoreo en tiempo real y evaluar el muestreo de los técnicos en campo.

El productor puede acceder a la información de su finca y fincas vecinas para observar el comportamiento de la enfermedad, en tiempo real, es un sistema abierto a los productores en donde no se incurre en gasto para obtener la información sobre el monitoreo de la roya del café.

### **5.1.4. Datos meteorológicos**

Conocer el comportamiento de las variables climáticas es fundamental para poder pronosticar el comportamiento de la misma. Aunque el sistema contempla relacionar los datos de la enfermedad con los datos climáticos, para la toma oportuna de decisiones de manejo, es importante mencionar que actualmente no se dispone de información agrometeorológica en Nicaragua.

Dada la importancia de la información agrometeorológica para una mayor utilización del sistema, la ubicación de estaciones en la finca es de vital importancia para entender el microclima del agro ecosistema café y el comportamiento de la roya. En entrevista realizada a director de sanidad Vegetal a nivel nacional expresó que dada la importancia de la enfermedad y la importancia del cultivo se continuaran realizando esfuerzos para mejorar el sistema y ampliar el sistema de alerta temprana a otros cultivos de importancia del país (Comunicación personal Rosales, 2018).

Los datos meteorológicos son proporcionados por el instituto de estudios territoriales (INETER), así mismo se ubicaron estaciones en algunas fincas de referencia en donde no se contaba con información climática. Sin embargo, se debe buscar nuevas alianzas con el INETER en la oficialización de proporcionar la información climática, para realizar predicciones sobre el comportamiento de la enfermedad en campo. De acuerdo a FAO (2017), el sistema permite hacer predicciones del comportamiento de la enfermedad, bajo ciertas condiciones climáticas (Temperatura, precipitación, humedad relativa).

Pérez (2015) menciona que uno de los propósitos de la implementación del sistema es fortalecer la capacidad técnica de los servicios fitosanitarios para la detección temprana de la roya del café y poder dar respuesta oportuna y precisa a los productores de este cultivo mediante el conocimiento de importantes factores climáticos que permita disponer de información precisa y actualizada para conocer posibles brotes.

#### **4.1.5. Fincas y productores**

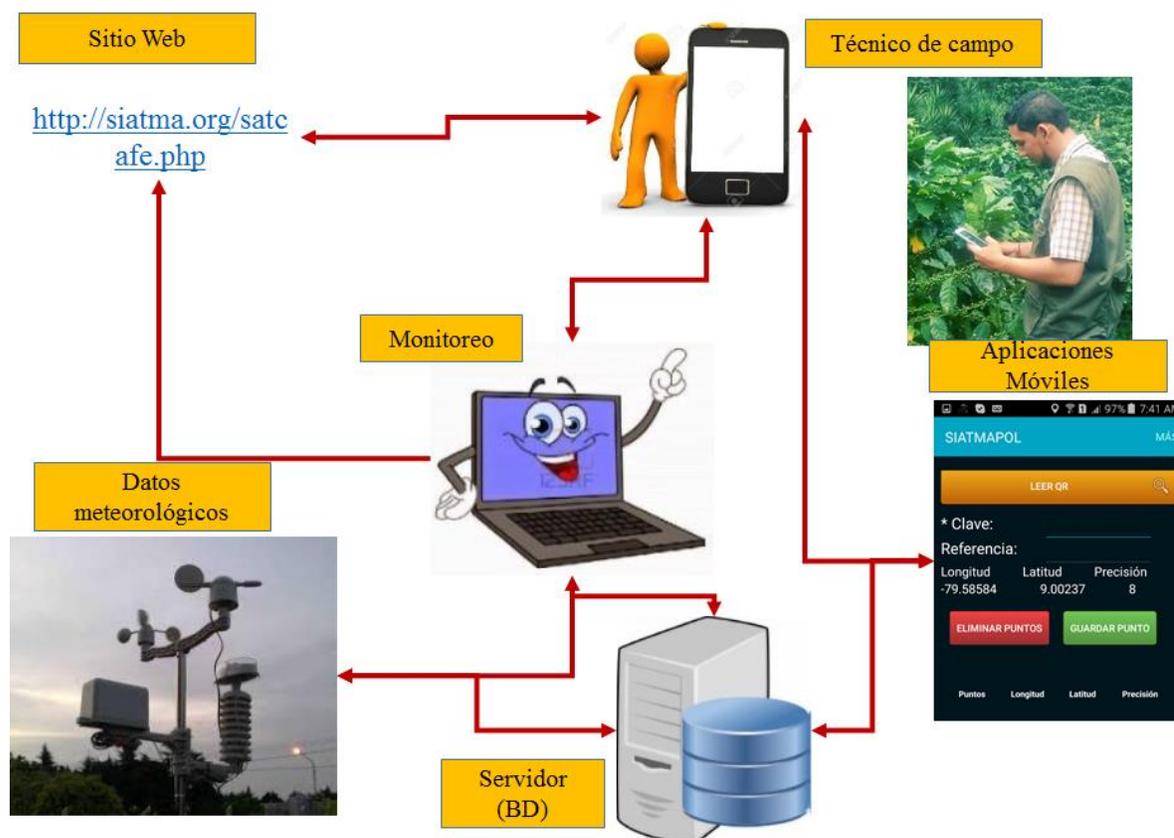
El departamento de Vigilancia Fitosanitaria y Campañas del Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria, por medio de las delegaciones departamentales tiene establecido una red de fincas de referencia para el monitoreo de la roya del cafeto. En total se dispone de 120 fincas distribuidas en los departamentos de las principales zonas cafetaleras del país (Anexo 1). Las fincas fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios: a) uso de variedades susceptibles, b) ubicación de la finca, c) disposición del productor y d) área de la finca destinada al cultivo de café.

Quezada Fiallos (2015), menciona que a nivel nacional existen fincas de referencias, las cuales sirven para el empoderamiento por parte de técnicos y productores sobre la importancia del sistema de alerta temprana. Es en las fincas en donde se lleva a cabo el levantamiento de la información sobre el comportamiento de la roya y son los productores quienes brindan información sobre las medidas de acción para evitar graves afectaciones a sus plantaciones (Anexo 1).

El sistema de alerta para el control de registros y monitoreo efectivo para el cultivo del café, se alimenta por medio de los datos generados en campo por técnicos del IPSA. El sistema crea reportes de las variables capturadas que han sido enviadas para su revisión, y están orientados para la toma de decisiones, estos se prepararon mediante intervalos definidos de tiempo y en un formato fijo, para proteger la información confidencial a través de un análisis cuidadoso y empleando un proceso efectivo de recolección de datos (Figura 3).

La información de campo es obtenida por técnicos del Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), los cuales son especialista en el uso y levantamiento de datos en plantaciones de café, los cuales pasan directamente al sitio web del sistema empleando dispositivos inteligentes (Teléfonos móviles, Tablet), esto garantiza tener información en tiempo real en las oficinas centrales del IPSA por especialistas fitosanitarios del país.

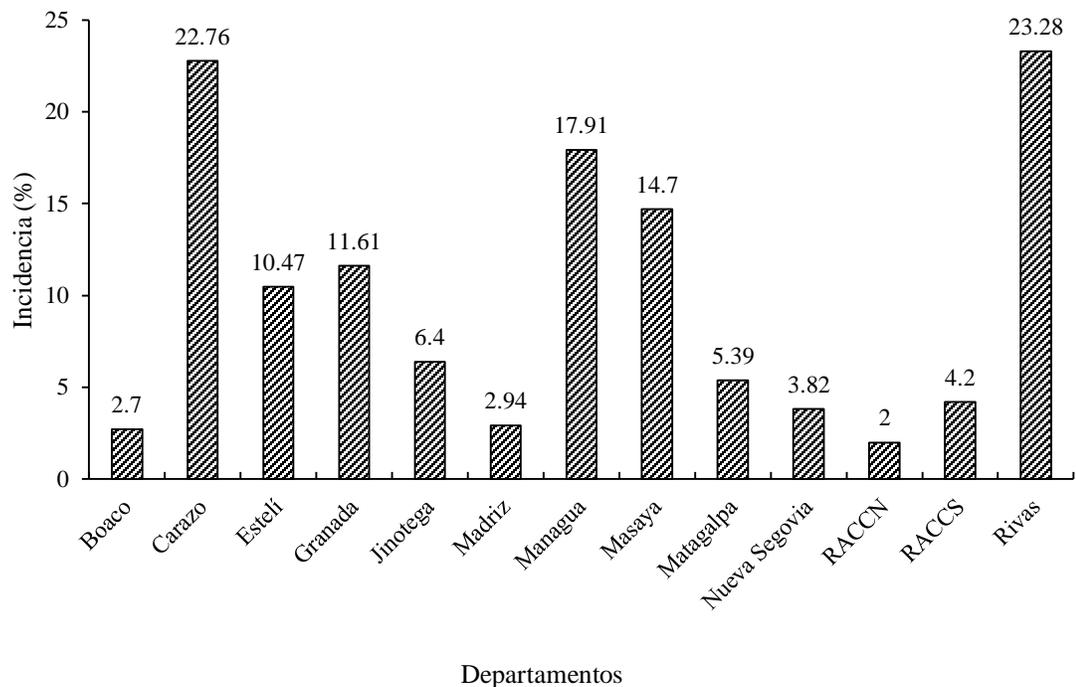
El análisis del sistema permitió identificar las fortalezas y debilidades del mismo, siendo una de las fortalezas el contar con especialistas capacitados y con experiencia en la identificación y toma de datos. Otra fortaleza identificada fue que la obtención, registro y envío de la información es eficiente en tiempo y forma. Otro factor importante es el suministro de los datos meteorológicos, ya que solamente se cuenta con los datos de la incidencia de la enfermedad, sin respaldo de los datos climáticos a pesar que el SAT café constituye una herramienta de mucha utilidad para la prevención temprana de la enfermedad es necesario que se dé más cobertura a fincas cafetalera ya que actualmente su cobertura en el país es muy reducida y solo se logra cubrir 206 fincas de café de las 44,519 fincas que están registrada en el país (CENAGRO, 2011).



**Figura 3.** Flujograma del levantamiento de datos en campo, para determinar el comportamiento de la roya del café (Fuente: FAO, 2016)

## 5.2. Incidencia de la roya en los departamentos y municipios de Nicaragua ciclo 2017-2018

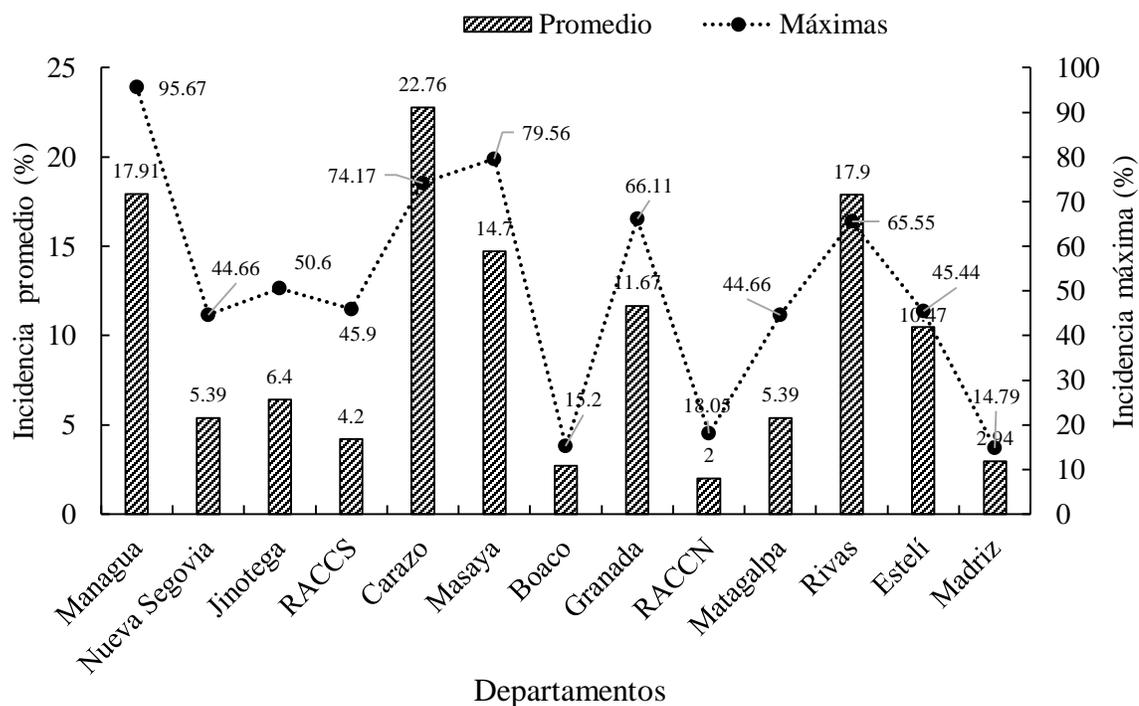
A nivel de departamento, la mayor incidencia de la roya fue de 22.76% y se registró en Carazo, seguido por los departamentos de Managua y Rivas con 17.9% en cada caso. La menor incidencia como departamento fue de 2% en la RACCN, seguido por los departamentos de Madriz y Boaco con 2.7% y 2.94% respectivamente. Es importante resaltar que, en Nueva Segovia, Matagalpa y Jinotega, departamentos donde se concentra la mayor producción de café, aunque en algunas fechas se presentó alta incidencia, la incidencia promedio fue baja. En el caso de Nueva Segovia, la incidencia promedio fue de 3.82%, seguida por el departamento de Matagalpa con 5.39% y el departamento de Jinotega con 6.4% de incidencia (Figura 4).



**Figura 4.** Incidencia promedio de roya por departamento, ciclo 2017-2018, a partir de base de datos del sistema de alerta temprana de café (SAT-CAFÉ), Nicaragua

Los valores máximos de incidencia de roya se registraron en la zona cafetalera del Pacífico sur de Nicaragua. En el departamento de Managua se registró la mayor incidencia de roya en el país y fue de 95.7%, seguido por el departamento de Masaya con 79.6% de incidencia, Carazo con 74.2 %, Granada y Rivas con 66 y 65 % respectivamente de incidencia, siendo los mayores porcentajes de incidencia (Figura 5).

A pesar que en algunos departamentos y municipios la incidencia de la enfermedad fue alta, el promedio nacional en el ciclo en estudio fue relativamente bajo, correspondiente a 9.1%. Es posible que la baja incidencia de la enfermedad esté influenciada por el número de hojas que mantuvieron las plantas, ya que, en promedio general, estas mantuvieron 14 hojas por bandola, por lo que la relación número total de hojas- número de hojas enfermas resulta positiva.

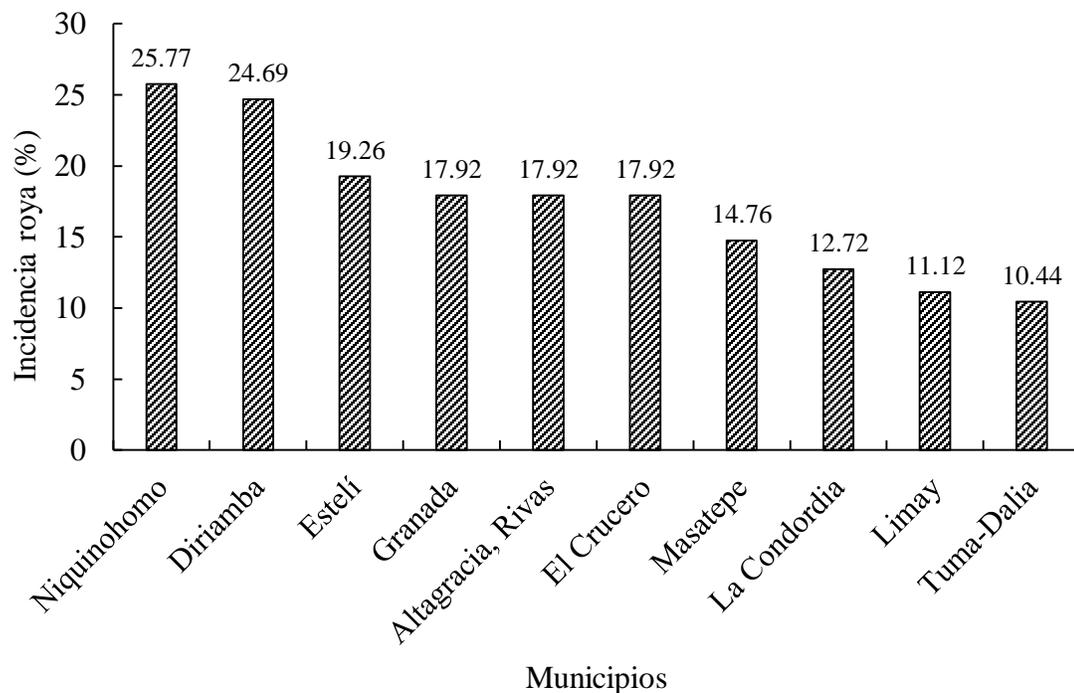


**Figura 5.** Incidencia promedio e incidencia máxima de la roya del café en los departamentos de Nicaragua, ciclo 2017-2018

### **5.2.1. Incidencia de roya en los municipios de Nicaragua**

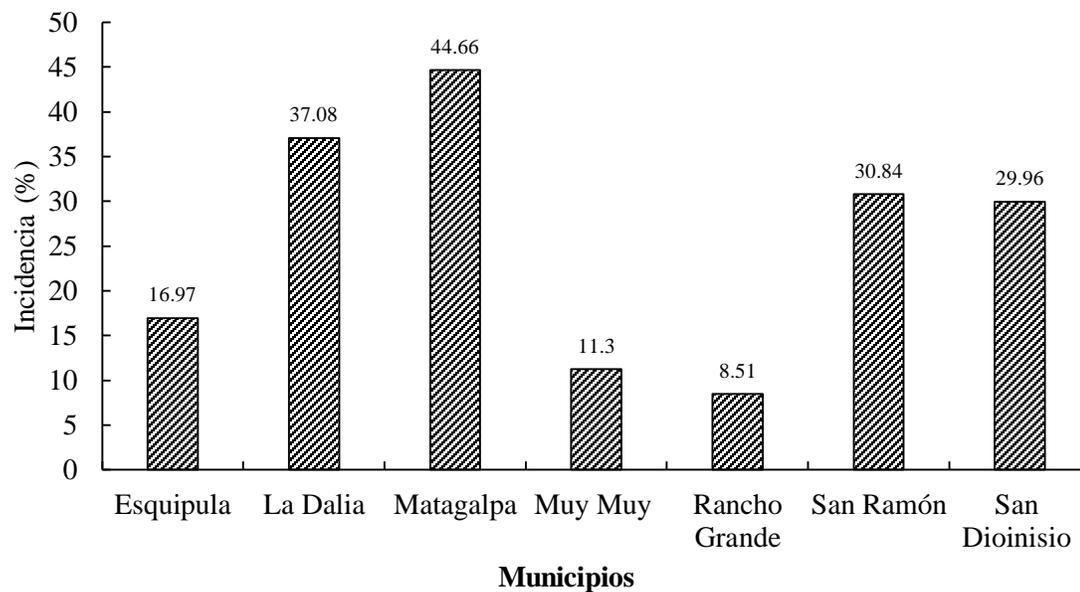
La incidencia promedio de roya a nivel de municipios fue variable, oscilando entre 0.38 y 25.7 %. A pesar que la enfermedad en algunos municipios alcanzó altos porcentajes de incidencia, la mayor incidencia promedio de la enfermedad se registró en el municipio de Niquinohomo (25.77%) y la menor en los municipios de Kukra Hill, Quilalí, San José de los Remates y Muelle de los bueyes, con una incidencia menor de 1%. Solamente en 10 de los 47 municipios con registros de la enfermedad, la incidencia de la enfermedad fue superior al 10%, en el resto de municipios la incidencia fue menor, manteniéndose por debajo del umbral establecido de 10% establecido por Avelino y Rivas (2013).

Los municipios con incidencia mayor al 10 % fueron: Niquinohomo, Diriamba, Estelí, Granada, Altagracia (Rivas), El Crucero y Masatepe, La Concordia, Limay y El Tuma - La Dalia (Figura 6). Al analizar la incidencia de roya por municipios en cada departamento, se encontró que a pesar de que como departamento presentaran una relativamente baja incidencia, algunos de sus municipios registraron una alta incidencia de la enfermedad.



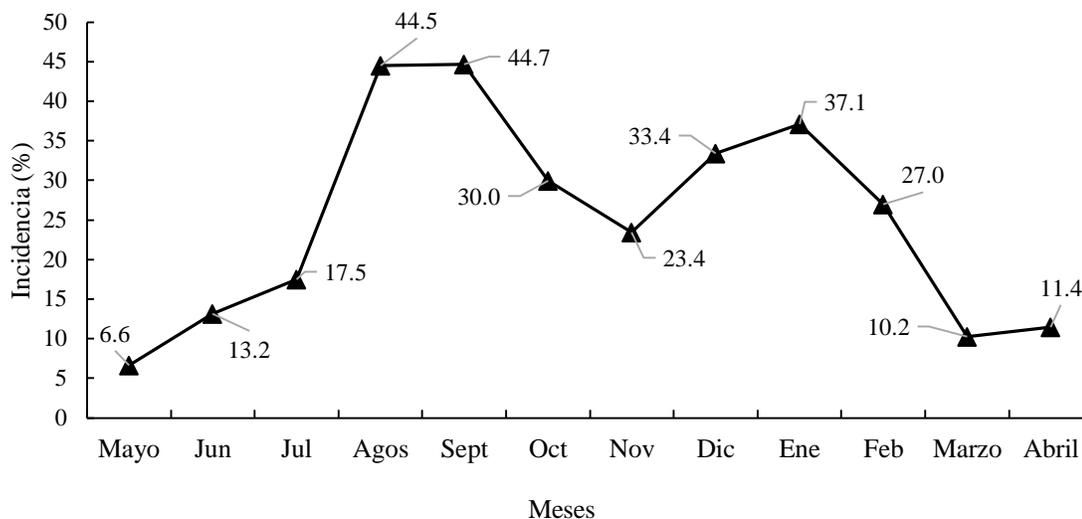
**Figura 6.** Incidencia promedio de roya en los municipios con mayor afectación, ciclo 2017-2018, a partir de base de datos del sistema de alerta temprana de café (SAT-CAFÉ), Nicaragua

Al realizar el análisis por municipio en cada departamento, los registros indican que, en el departamento de Matagalpa, la mayor incidencia de roya fue 44.66 % y fue registrada en el municipio de Matagalpa, seguido por el municipio de La Dalia con 37.08%, San Ramón con 30.84% y San Dionisio con 29.96%. La menor incidencia de la enfermedad ocurrió en el municipio de Rancho grande y fue de 8.5% (Figura 7).



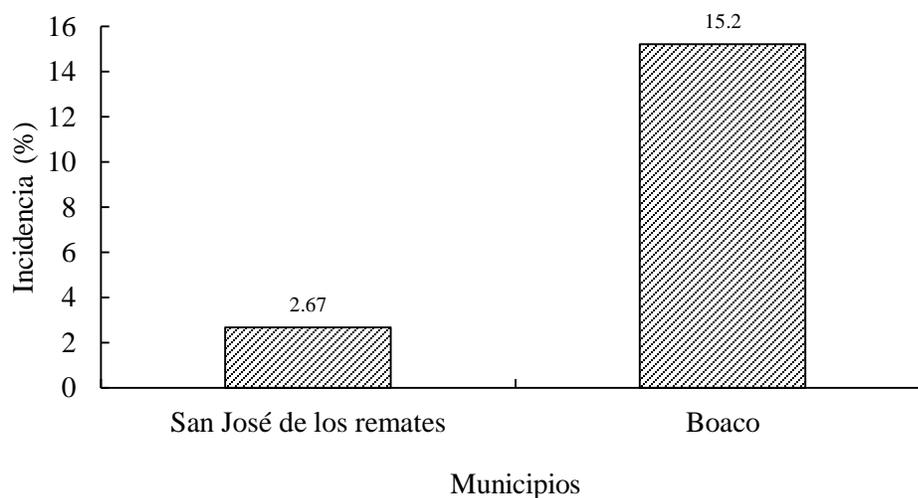
**Figura 7.** Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Matagalpa, ciclo 2017-2018

Al realizar el análisis temporal de la enfermedad en los municipios del departamento de Matagalpa, se determinó que los meses con mayor incidencia de roya correspondieron a septiembre (44.7%), Agosto (44.5%), enero (37.1%), diciembre (33.4%), octubre (30%) y febrero (27%). Los restantes meses los porcentajes de afectación fueron menores al 25% (Figura 8). Avelino y Rivas (2013) hacen mención que las afectaciones durante los meses de noviembre a febrero obedecen a las labores de cosecha y caída de las hojas en las plantas de café.

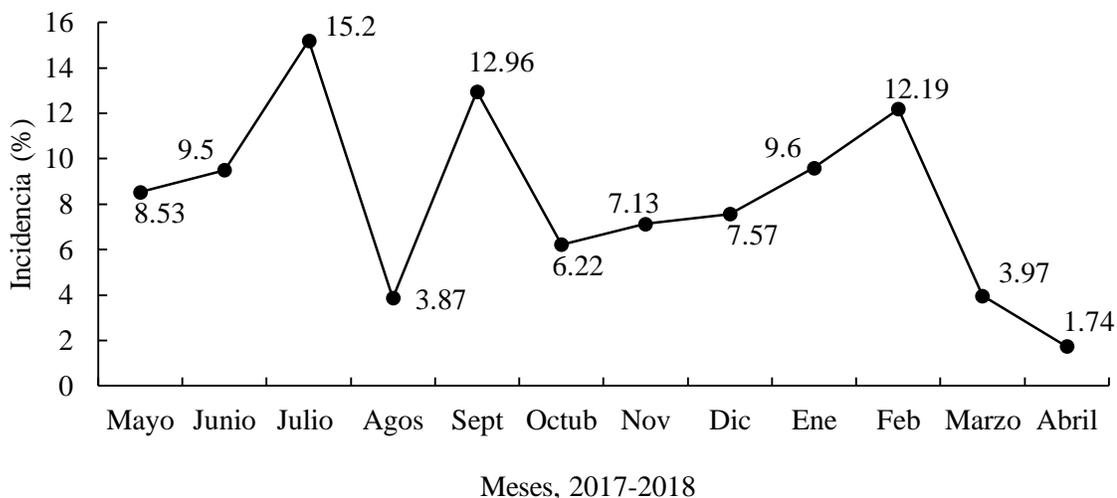


**Figura 8.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Matagalpa, ciclo 2017-2018

Para el departamento de Boaco, la base de datos dispone de registros del monitoreo de la roya en los municipios de San José de los Remates y Boaco, siendo el municipio de Boaco el que registró la mayor incidencia de roya con 15.2% (Figura 7). Al evaluar el comportamiento temporal de la epidemia, se encontró que la mayor incidencia fue 15.2%, registrada en el mes julio, seguido por septiembre (12.96%), febrero (12.19%) y enero (9.6%) (Figura 9 y 10).

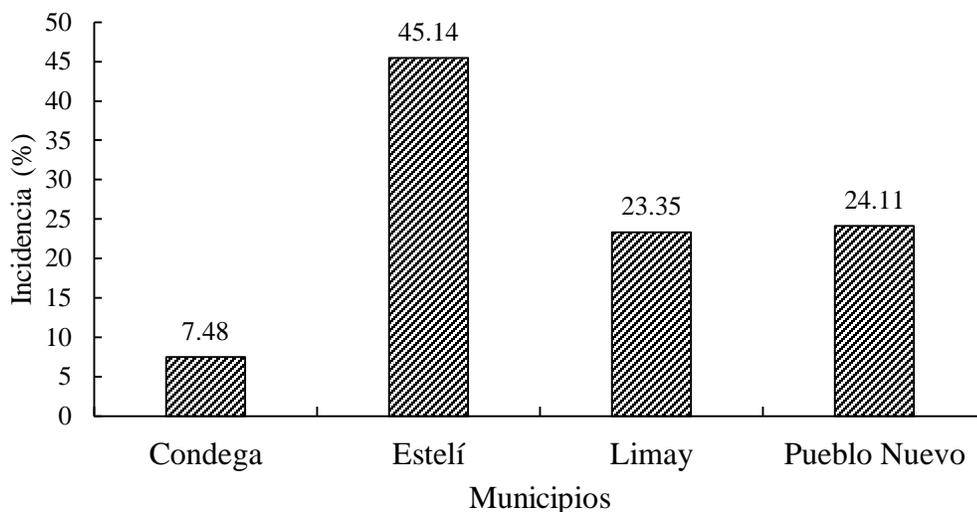


**Figura 9.** Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Boaco, ciclo 2017-2018

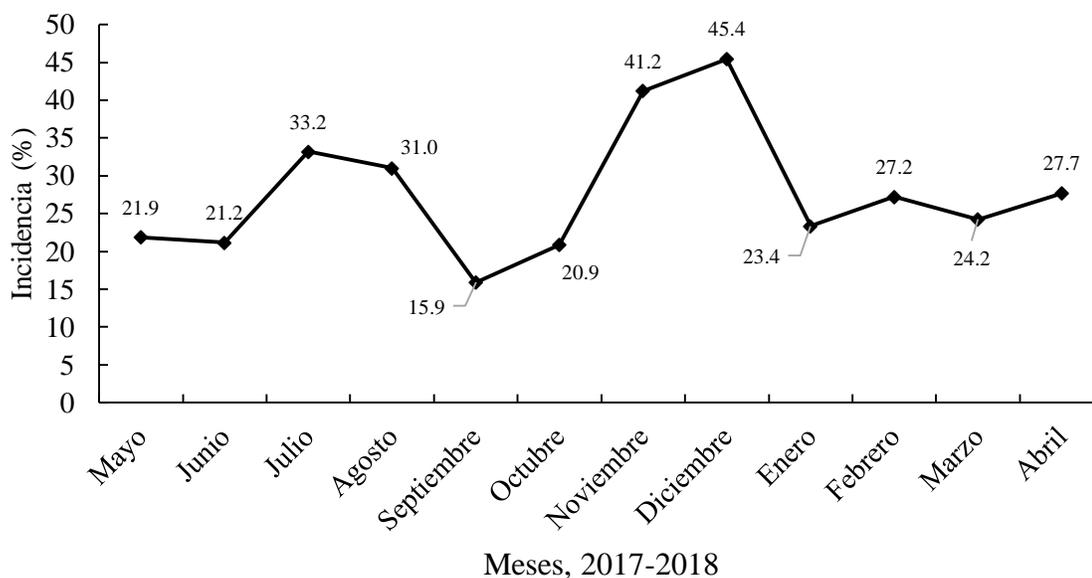


**Figura 10.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Boaco, ciclo 2017-2018

El análisis por municipios del departamento de Estelí, indica que la mayor incidencia registrada en la base de datos fue 45.14% y ocurrió en el municipio de Estelí, seguido por el municipio de Limay (23.35%), Pueblo Nuevo (24.11%) y Condega con 7.48% (Figura 11). El análisis temporal de la epidemia en este departamento, indica que la mayor incidencia de roya fue 45.14% y se registró en el mes de diciembre, seguido por el mes de noviembre con 41.22%, agosto (31.02%), julio (33.18%), febrero (27.21%) y marzo (24.22%). Se observa que, en el período seco, la incidencia de la enfermedad se mantuvo estable, oscilando entre el 20 y 30% de incidencia (Figura 12).

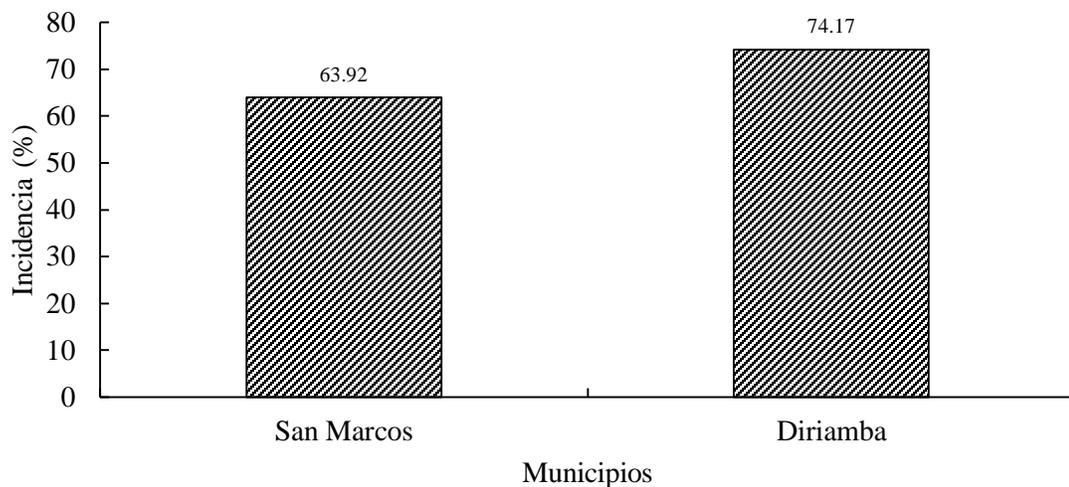


**Figura 11.** Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Estelí, ciclo 2017-2018



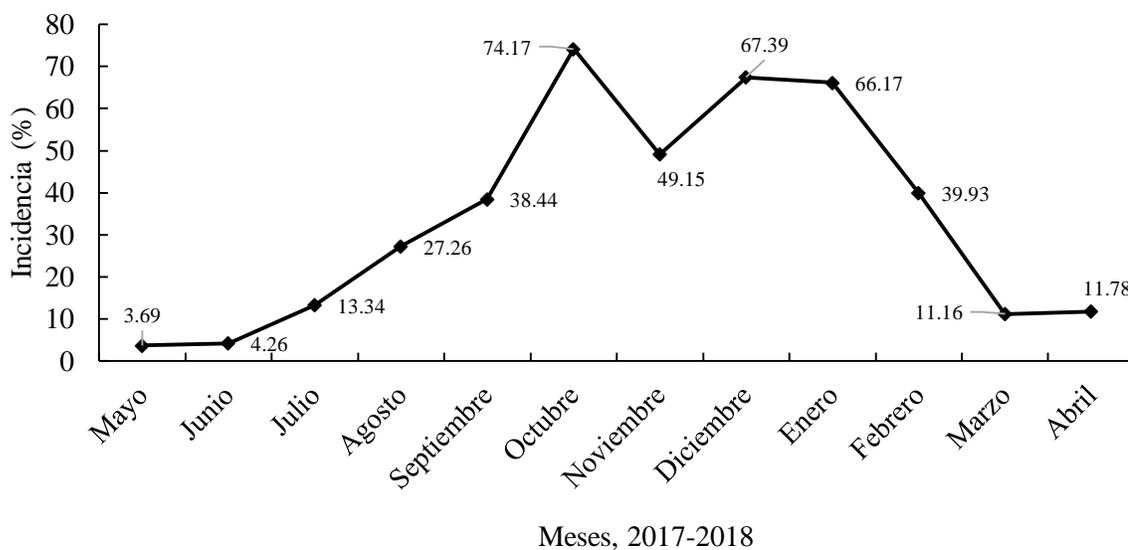
**Figura 12.** Incidencia de roya del café en los meses de muestreo del departamento de Estelí, ciclo 2017-2018

En el departamento de Carazo, los registros de la enfermedad en las fincas localizadas en los municipios de Diriamba y San Marcos indican incidencia de roya superior al 60% en el período evaluado (Figura 13).



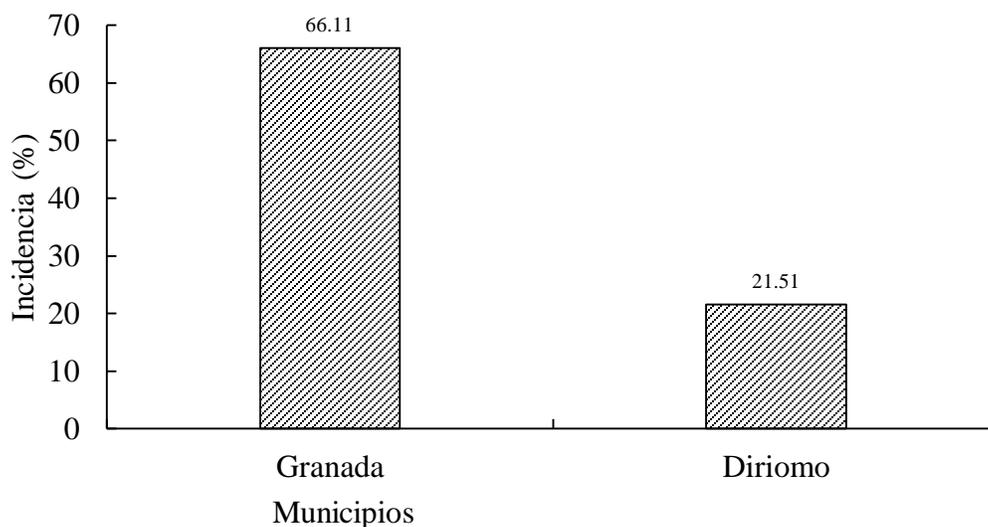
**Figura 13.** Incidencia de roya del café en los municipios del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018

En la Figura 14, se observa que la incidencia más alta de la enfermedad se registró en los meses de octubre con 74.17%, diciembre (67.39%), enero (63.92%), noviembre (49.15%) y septiembre (38.44%).



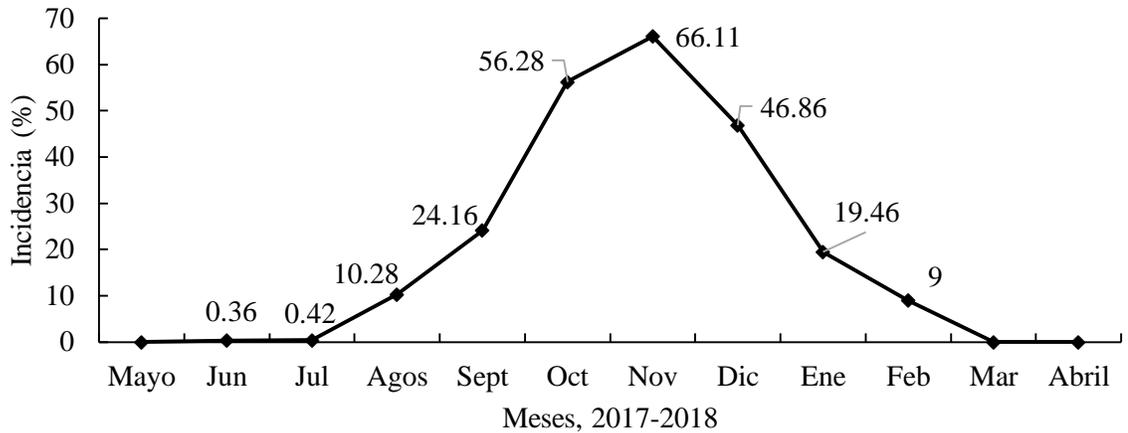
**Figura 14.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018

Para el caso de los municipios del departamento de Granada, se dispone de información para los municipios de Granada y Diriomo. Los datos registrados indican que la incidencia de la roya en el municipio de Granada alcanzó hasta 66%, en cambio en el municipio de Diriomo la incidencia de la enfermedad fue de 21.51% (Figura 15).



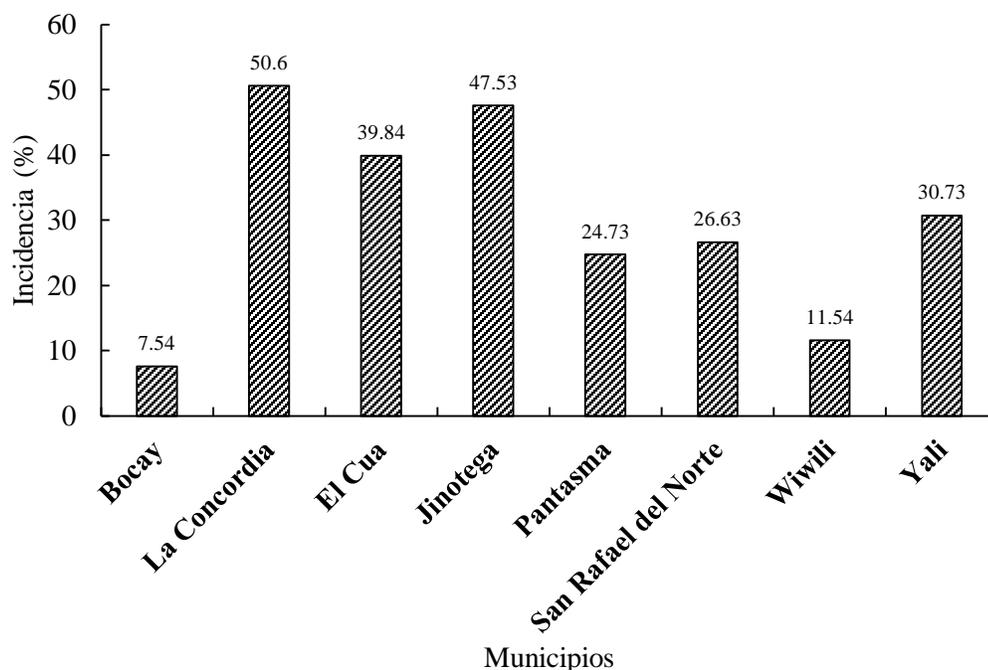
**Figura 15.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Granada, ciclo 2017-2018

En cuanto al comportamiento de la enfermedad en los diferentes meses del año se observó los meses con mayor incidencia de roya fueron noviembre con 66.11%, 56.28% en octubre, 46.86% en diciembre y 24.16% en septiembre. En los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio, no se registró incidencia de la enfermedad (Figura 16).



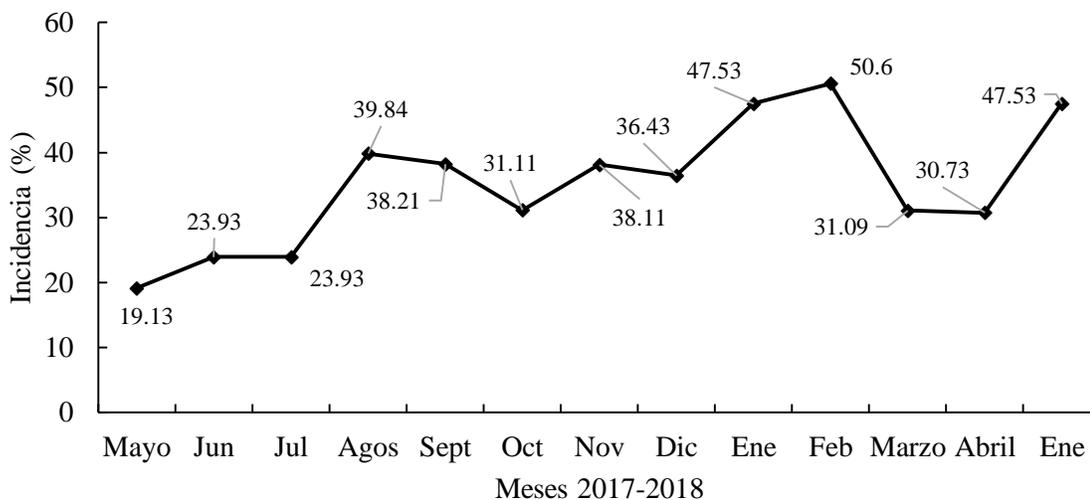
**Figura 16.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Granada, ciclo 2017-2018

Los registros de la incidencia de roya en los municipios del departamento de Jinotega, indica que el mayor porcentaje de incidencia fue 50.6%, registrado en el municipio de la Concordia, seguido por Jinotega con 47.35%, El Cúa (39.84%), Yalí (30.73%), San Rafael del Norte (26.63%) y Pantasma (24.73%) (Figura 17). Avelino y Rivas (2013) reportaron que este departamento sufrió graves pérdidas económicas en el 2012, con la epidemia de roya, afectando la economía del departamento y del país.



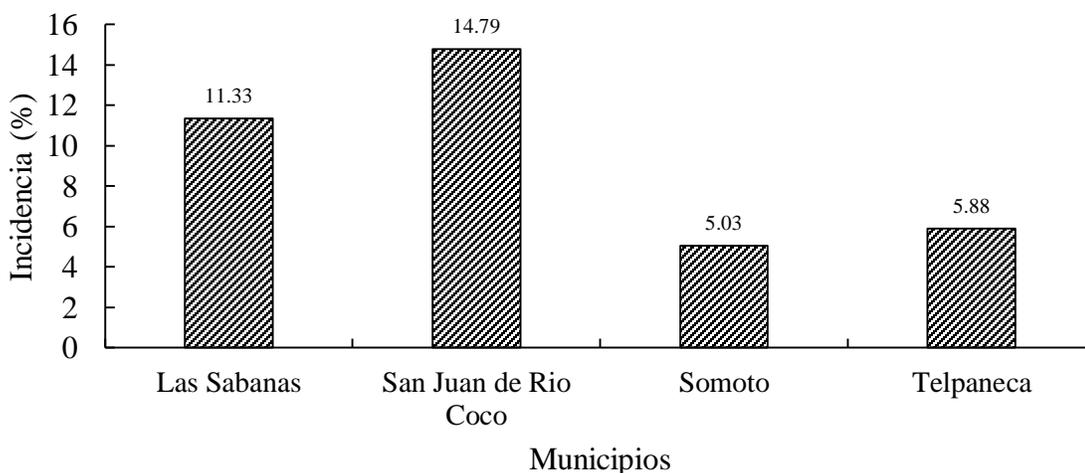
**Figura 17.** Incidencia de la roya del café en los diferentes municipios evaluados en el departamento de Jinotega, ciclo 2017-2018

Durante el periodo de evaluación se determinó que en el departamento de Jinotega el mes con mayor incidencia de roya fue febrero con 50.6%, seguido por enero (47.53%), agosto (39.84%), septiembre (38.21%), noviembre (38.11%) y diciembre (36.43%). En todos los meses del año se encontraron niveles de incidencia por encima del 19%, esto es un indicativo de la fuerte afectación por roya en el departamento. Estos resultados coinciden con los publicados por Avelino y Rivera (2013), quienes menciona que la roya afecta significativamente las plantaciones de café en este departamento (Figura 18).



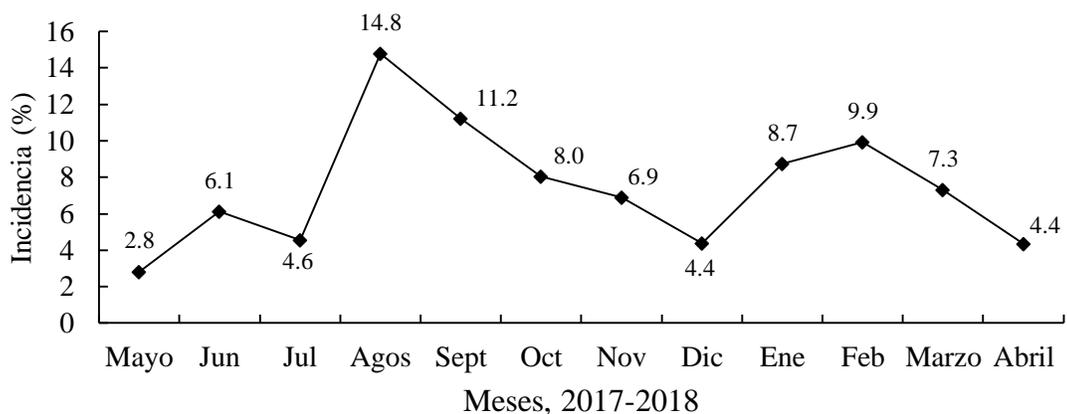
**Figura 18.** Incidencia de la roya del café en los meses de muestreo del departamento de Jinotega, ciclo 2017-2018

En los municipios del departamento de Madriz los porcentajes de incidencia de roya registrados fueron inferiores al 15%; siendo el municipio de San Juan de Rio Coco el de mayor afectación (14.79%), seguido de Las Sabanas (11.33%), Telpaneca y Somoto con menos del 6%. Bucardo Pérez (2015) reporta que este patógeno cada año afecta a plantaciones de café ubicados a mayor altura por lo que aquellas plantaciones establecidas a altitudes mayores a los 1200 metros ya se encuentran afectadas por la roya (Figura 19).



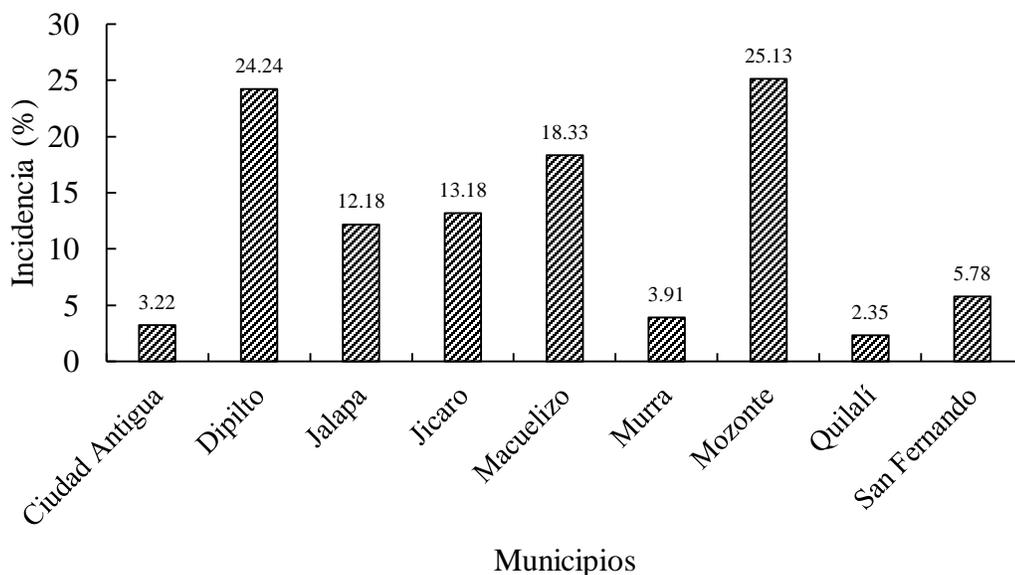
**Figura 19.** Incidencia de la roya del café en los diferentes municipios evaluados en el departamento de Madriz, ciclo 2017-2018

En cuanto al comportamiento de la epidemia de acuerdo a los registros mensuales, de los municipios del departamento de Madríz, las mayores afectaciones ocurrieron en el mes de agosto (14.79%), seguido de septiembre (11.21%), los restantes meses mostraron afectaciones menores al 10%. Coincidiendo con lo reportado por Bucardo Pérez (2015), ya que en estos municipios las plantaciones de café están ubicadas a alturas por encima de los 1200 metros sobre el nivel del mar, por lo tanto, dichas afectaciones son menores (Figura 20).



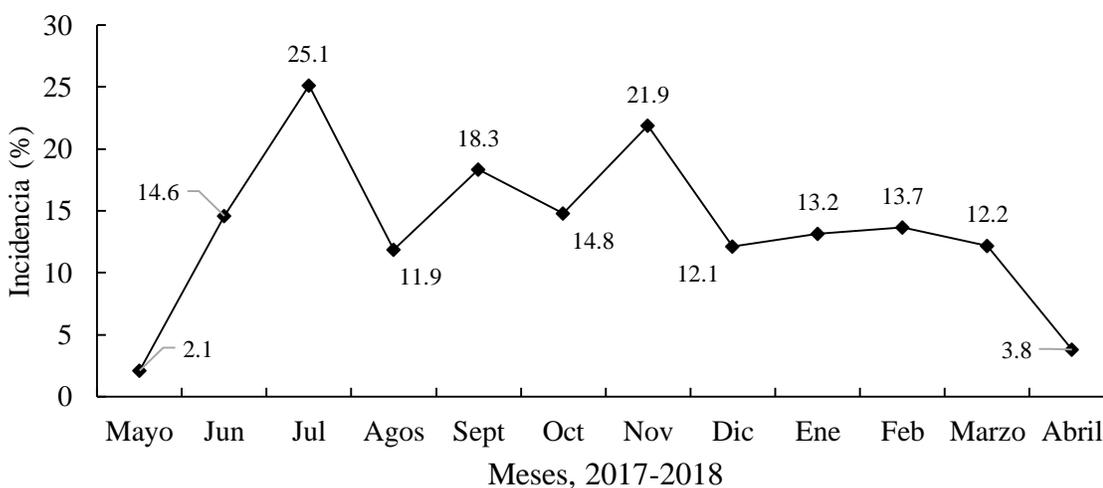
**Figura 20.** Afectaciones de la roya del café en los diferentes meses evaluados en el departamento de Madriz, ciclo 2017-2018

En cuanto a los municipios del departamento de Nueva Segovia, en la Figura 21 se observa que en el municipio de Mozonte la incidencia de roya alcanzó 25.13%, seguido por el municipio de Dipilto con 24.24%, Macuelizo con 18.33%, Jícaro con 13.18% y Jalapa con 12.18%. Sánchez y Muñoz (2018) mencionan que en estos municipios la roya es el principal agente causal de daños en las plantaciones de café.



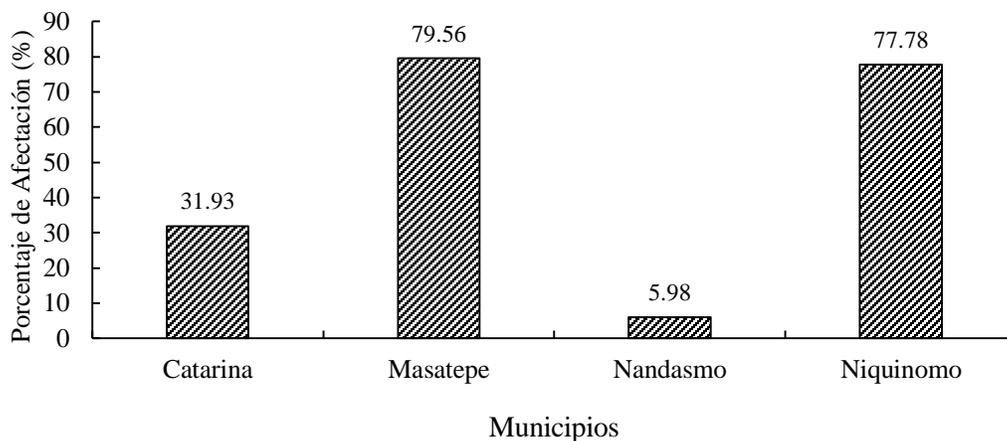
**Figura 21.** Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Nueva Segovia, ciclo 2017-2018

Al analizar la incidencia de la enfermedad a través de los diferentes meses de evaluación, se observa que las mayores afectaciones fue 25.13% de incidencia y se presentó en el mes de julio, seguido por el mes de noviembre con 21.86% y septiembre con 18.33%, los demás meses mostraron porcentajes de afectación menores al 15% (Figura 22).



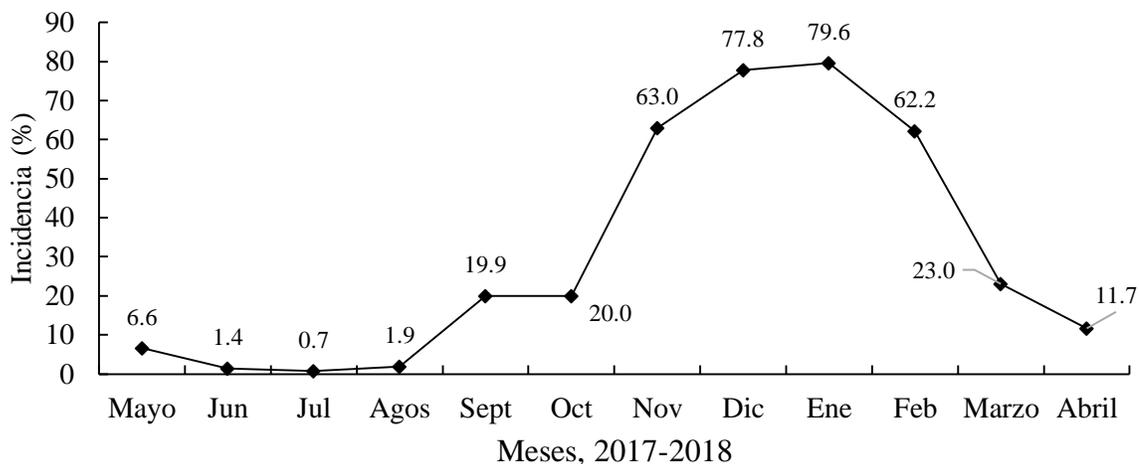
**Figura 22.** Incidencia de la roya del café en los diferentes meses evaluados en el departamento de Nueva Segovia, ciclo 2017-2018

Al analizar la incidencia de roya en cada uno de los municipios del departamento de Masaya, a partir de los registros, se observó que la mayor incidencia de la roya fue de 79.56% y se presentó en el municipio de Masatepe, seguido por Niquinohomo con 77.78%, Catarina 31.93%. El municipio de Nandasmo fue donde se registró la menor incidencia de la enfermedad con 5.98% (Figura 23).



**Figura 23.** Incidencia de la roya del café en los municipios del departamento de Masaya, ciclo 2017-2018

El análisis del comportamiento temporal de la roya, en los municipios del departamento de Masaya, indica que la mayor incidencia de la enfermedad fue 79.60%, correspondiente al mes de enero, seguido por el mes de diciembre con 77.78%, noviembre con 62.97% y febrero con 62.23% (Figura 24).



**Figura 24.** Incidencia de la roya del café durante los meses de monitoreo en el departamento de Masaya, ciclo 2017-2018

En el caso del departamento de Managua, el único municipio cafetalero es El Crucero, por tanto, es el único que dispone de registros en la base de datos. Los datos registrados para este municipio indican que en el mes de enero la incidencia de la roya fue de 95.67%, siendo el municipio a nivel nacional con la mayor incidencia, seguido del mes de diciembre con 82.83%, febrero 63.36%, abril 23.56% y octubre 18.45%.

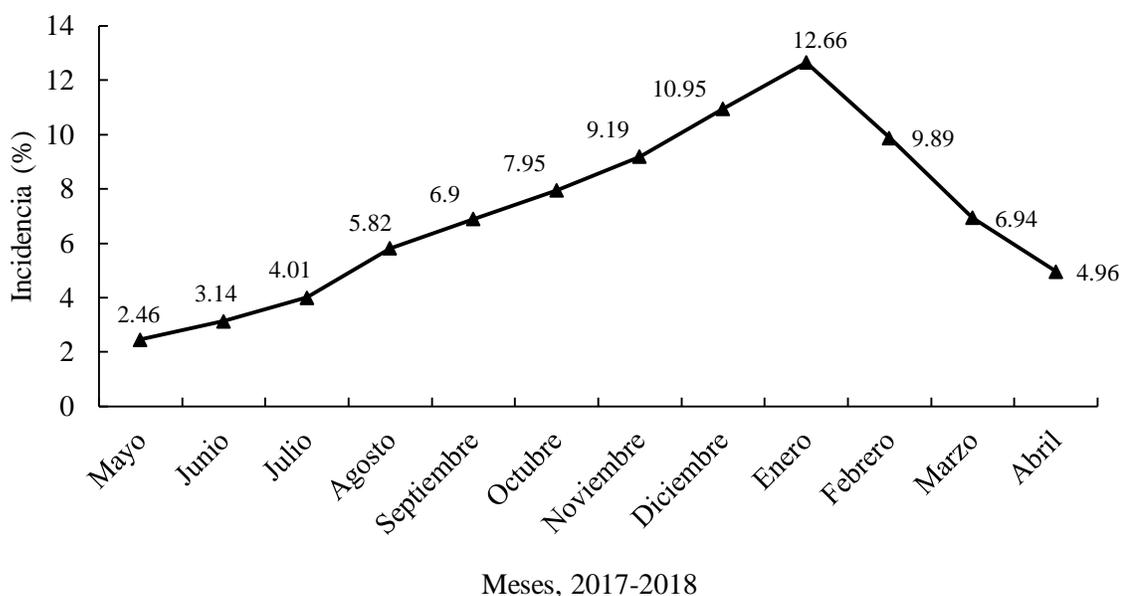
En la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), el municipio de Laguna de Perlas fue donde se registró la mayor incidencia de roya con 45.9%, seguido de Nueva Guinea con 27.16%, El Rama con 18.16% y en menor grado Kukra-hill con 6.3%, la mayor incidencia registrada fue 45.9% ocurrida en el mes de febrero, seguido por el mes de abril con 37.92%; en cambio la menor incidencia registrada se presentó en el mes de octubre (23.25%).

En la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) únicamente se dispone de registros de incidencia de roya para el municipio de Waslala, donde los datos registrados indican que la incidencia de la enfermedad fue inferior al 20%, siendo el mes de febrero en donde ocurrió la mayor incidencia con un 18.05%, los demás meses mostraron porcentaje de afectación menores al 10%.

Esta información es utilizada por los productores para tomar medidas y evitar afectaciones en sus cafetales, con la utilización del sistema de alerta Temprana, se pueden tomar acciones que permitan reducir las afectaciones provocada por la roya.

### 5.3. Distribución temporal de la incidencia promedio de roya en Nicaragua

Al analizar el comportamiento temporal de la roya, a través de evaluaciones mensuales registradas en la base de datos, se determinó que a nivel nacional la mayor incidencia se registró en el período de noviembre a febrero con un 12.66% en el mes de enero. En el período de abril a julio fue donde se registró la menor incidencia, oscilando entre 2.46 y 4.96%. La menor incidencia de la enfermedad se registró en el mes de mayo (Figura 25).



**Figura 25.** Incidencia de la roya del café, promedios mensuales a nivel nacional en los departamentos de Nicaragua, ciclo 2017-2018

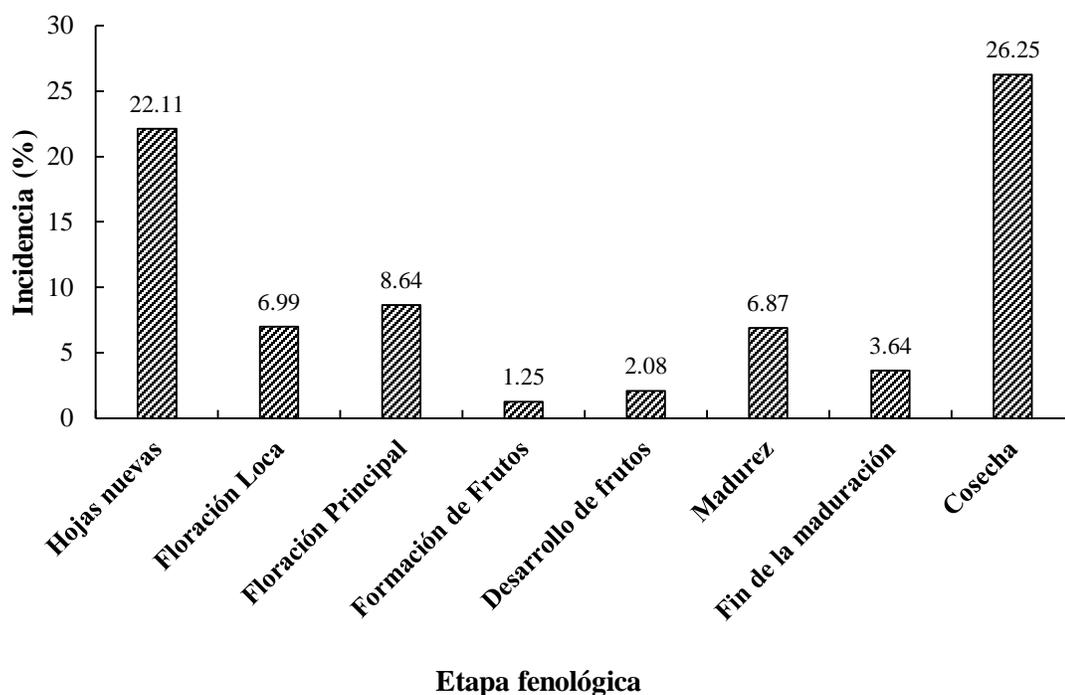
Es importante resaltar, que los meses donde se registró la mayor incidencia de la roya, corresponden a los meses de octubre a febrero, período en que las plantas están en período de cosecha, por lo que es probable que las plantas están más susceptibles al ataque de las enfermedades, debido a la carga productiva, además que es un período donde hay bastante actividad de los trabajadores de campo, lo que puede contribuir a la dispersión de la enfermedad en el plantío.

De acuerdo a Avelino y Rivas (2013), las afectaciones por roya tienden a incrementar cuando la planta cuenta con frutos, y al momento de la cosecha, coincidiendo el inicio de la epidemia con esta actividad, y declinando durante el revestimiento de la planta con hojas nuevas. Lo anterior explica que, en condiciones normales, no haya pérdidas de producción en el año de la epidemia, sino que al año siguiente solamente. Esto, sin embargo, puede variar. La epidemia del 2012 en Centroamérica ha sido una epidemia precoz, causando defoliaciones y muertes de ramas prematuras, el secamiento del café antes de la cosecha, y por lo tanto pérdidas de producción en el mismo año de la epidemia.

#### **5.4. Incidencia de la roya del café de por etapa fenológica del cultivo**

Al evaluar la incidencia de la roya en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, a partir de los datos registrados en la base de datos de SAT-CAFÉ, se observó que la mayor incidencia fue de 26.25% y se presentó en la etapa de cosecha, seguido por la etapa de revestimiento o formación de hojas nuevas en la que la incidencia de la enfermedad fue de 22.1%. Estos resultados coinciden con la evaluación temporal de la enfermedad, ya que en los meses que se presentaron las etapas fenológicas con mayor incidencia, fue donde se presentó la mayor incidencia. Otra etapa donde se presentó una incidencia relativamente alta de la enfermedad fue durante la etapa de floración donde alcanzó hasta 8.6% de incidencia (Figura 26).

La menor incidencia promedio de la enfermedad se presentó en los períodos de formación, desarrollo y maduración de frutos, etapas donde la incidencia fue de 1.25, 2.07 y 6.87% respectivamente.



**Figura 26.** Incidencia promedio nacional de la roya del café en las etapas fenológicas del cultivo. Nicaragua, ciclo 2017-2018

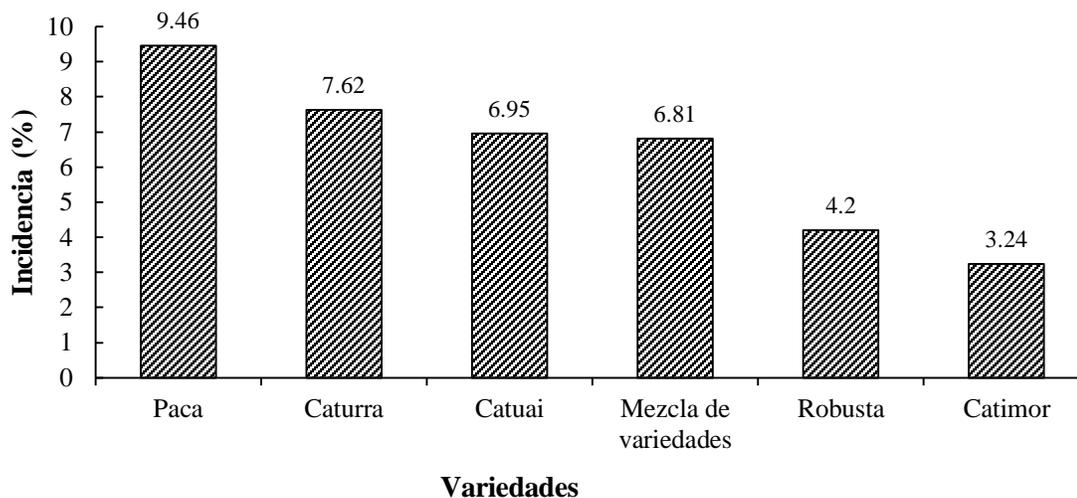
La relación entre la madurez del fruto, la cosecha y hojas nuevas, siendo estas las fases en donde se encontraron los mayores porcentajes de afectaciones por la roya del café. En la formación de frutos, desarrollo de frutos y fin de la madurez los niveles de afectación se encuentran en el rango del 20 al 30%, encontrándose un promedio general de 907.65 hojas en las plantas.

En todos los departamentos evaluados estos porcentajes son altos, lo que demuestra que esta enfermedad es una de las de mayor importancia en el cultivo de café y que se debe mantener una vigilancia constante en los sistemas cafetaleros. Dichos resultados coinciden con lo reportado por Avelino y Rivas (2013), al evaluar el comportamiento de la roya en el norte de Nicaragua. Los resultados de incidencia de la roya por etapa fenológica, están relacionados a la proporción entre número de hojas y el número de hojas con roya; ya que en los momentos en que se registraron los valores de incidencia más altos, las plantas tienen menor número de hojas; contrariamente, las etapas con menor incidencia coinciden con momentos donde la planta dispone de mayor número de hojas.

### **5.5. Incidencia de la roya del café de acuerdo a la variedad**

El registro de datos de incidencia de la roya por variedad, indica que todas las variedades fueron afectadas por la enfermedad, sin embargo, el porcentaje de incidencia de la enfermedad varió de una variedad a otra. La mayor incidencia se registró en la variedad Pacas con 9.46% de incidencia promedio, seguida por la variedad caturra con 7.62%. Las variedades con menor afectación fueron Catimor y la especie *Coffea canephora* (Robusta) con 3.24% y 4.2% respectivamente de incidencia de la enfermedad. Estas dos variedades se consideran resistentes a la roya, los datos registrados a nivel nacional indican que, aunque fueron las variedades menos afectadas por la enfermedad, no escapan al ataque de la misma.

Este resultado nos puede dar la pauta para entender el comportamiento de la enfermedad de acuerdo a la variedad y no depender de una sola variedad que en su momento se puede volver más susceptible (Figura 27).



**Figura 27.** Incidencia de roya del café a nivel nacional de acuerdo a la variedad durante el ciclo 2017 – 2018, Nicaragua

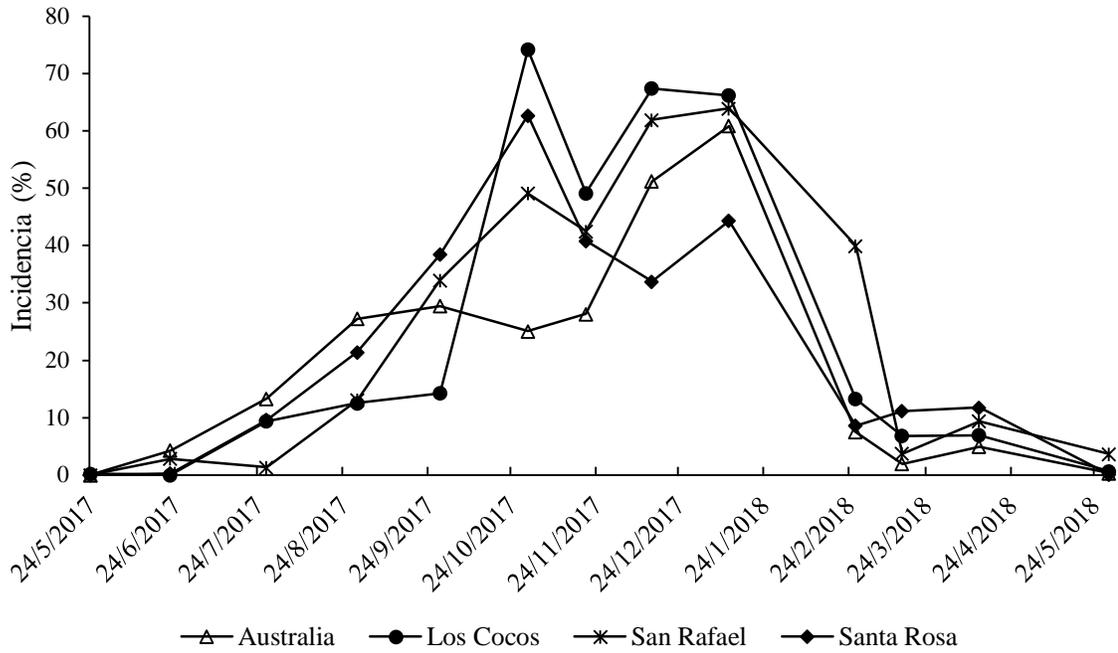
A pesar de la gran cantidad de conocimiento acumulado sobre la roya del café, no se conocen bien las pérdidas de producción que la enfermedad causa. Es evidente que la roya puede causar pérdidas primarias, es decir pérdidas inmediatas sobre la producción del año en que se desarrolló la epidemia (Zadoks y Schein, 1979), como lo que ocurrió en el ciclo 2012-2013. Pero éstas, pocas veces, han sido evaluadas, posiblemente, porque no son tan frecuentes (Osorio *et al.*, 2011).

Avelino y Rivas (2013), menciona que el comportamiento de esta enfermedad, se relaciona con el manejo que el productor hace en su cafetal, en lo concerniente a la fertilización y control de sombra. Estudios realizados por Zadoks y Schein (1979), menciona que las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad se reflejan en la siguiente cosecha, con la reducción de los rendimientos (Figura 27).

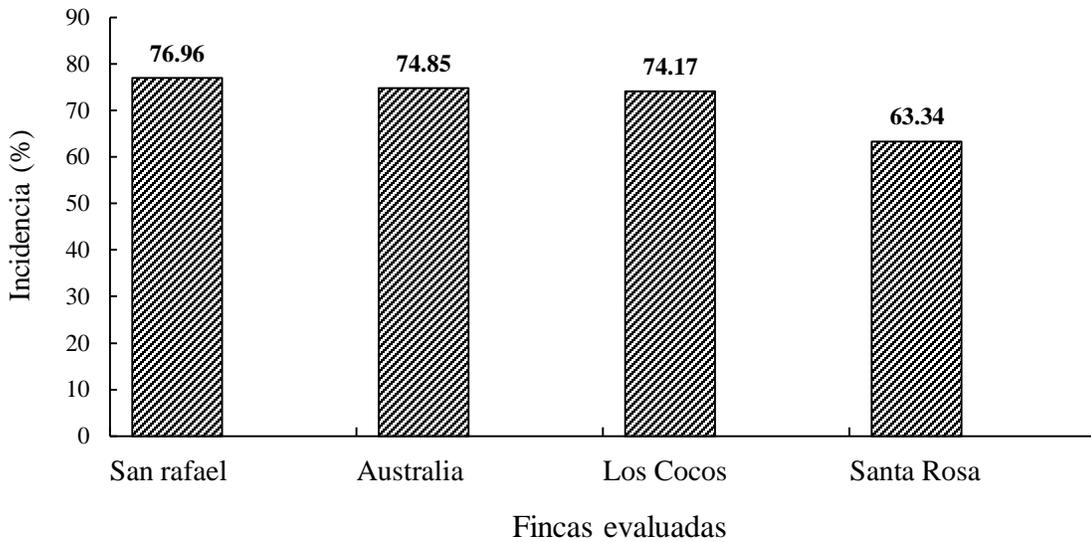
## **5.6. Análisis epidemiológico de la roya en el departamento de Carazo**

Considerando la importancia del cultivo de café en el departamento de Carazo, se analizó el comportamiento de esta enfermedad tanto a nivel departamental como localizada en cuatro fincas de referencia, en el ciclo agrícola 2017-2018. Los niveles de incidencia promedio de la roya fueron similares en las cuatro fincas evaluadas, oscilando entre 63 y 76%. La finca Santa Rosa fue la que presentó el menor promedio de incidencia de la enfermedad con 63.34%, seguida por la finca los Cocos con 74.17%, Australia con 74.85 y San Rafael con 76.96% de incidencia (Figura 28 y 29).

Como se puede observar en la Figura 28, en general la incidencia de la enfermedad fue alta en las cuatro fincas bajo estudio. Esto sugiere que esta enfermedad es la principal causante de pérdidas en la producción al defoliar la planta. Así mismo los altos porcentajes de incidencia pueden estar relacionados al manejo que el productor realiza en sus plantaciones. Avelino y Rivas (2013), hacen mención que las afectaciones pueden alcanzar porcentajes hasta del 100%, en las fincas productoras de café, lo que conlleva a reducir la cosecha en el siguiente ciclo agrícola.



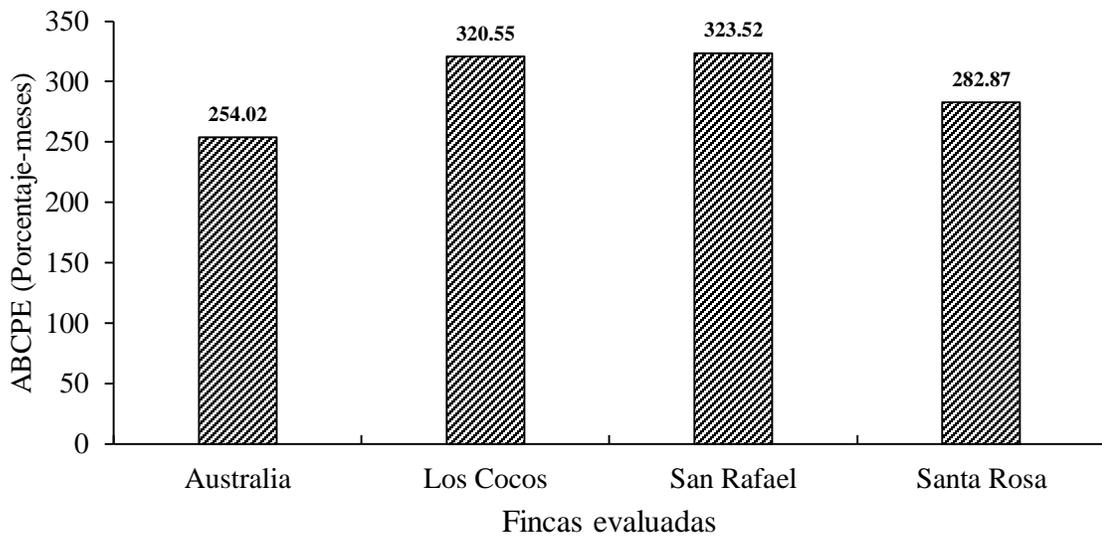
**Figura 28.** Incidencia de la roya del café en cuatro fincas del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018



**Figura 29.** Incidencia promedio de la roya del café en las fincas bajo estudio en el departamento de Carazo, ciclo 2017-2018

### 5.6.1 Área bajo la curva de progreso de la roya

Con los registros mensuales de la incidencia de roya se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para cada una de las fincas evaluadas. Se observa que la mayor ABCPE se registró en la finca San Rafael con 323.52 porcentaje-días, seguida por la finca Los Cocos con 320.55 porcentaje-días. La menor ABCPE se registró en la finca Australia, con 254.02 porcentaje-días (Figura 30). Desde su aparición, la roya se ha considerado una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de café, por las pérdidas ocasionadas en los rendimientos (Avelino, *et al.*, 2012).



**Figura 30.** Área bajo la curva de progreso de la roya del café en las fincas del departamento de Carazo, ciclo 2017-2018

### **5.6.2. Distribución temporal de la epidemia de roya en fincas del departamento de Carazo**

En las fincas evaluadas se encontró un comportamiento similar que los reportados a nivel departamental y nacional, en donde la mayor cantidad de hojas afectadas por roya se encuentran durante la cosecha (octubre a diciembre 2017), presentándose las mayores afectaciones en enero (2018), siendo el principal diseminador del patógeno los jornales que realizan la cosecha. Por consiguiente, en los meses antes mencionados se alcanzaron los mayores porcentajes de incidencia de la enfermedad. Así mismo se encontró que los porcentajes de incidencia disminuyeron después de la cosecha (febrero a abril) (Cuadro 1).

Las mayores cantidades de hojas con presencia de roya se registraron en los meses de octubre a enero, esto se relaciona con el periodo de cosecha del cultivo. En cuanto al porcentaje de incidencia de la roya correspondieron al periodo de octubre a enero. Este comportamiento en los diferentes meses de muestreo a nivel departamental, es igual a lo encontrado a nivel nacional, por lo que podemos asegurar que este patógeno presenta periodos de alta afectación durante la cosecha e inicio de la época seca (verano). La mayor cantidad de hojas en la planta se presentaron en los meses de julio y agosto, esto coincide con el periodo de revestimiento de la planta y el inicio de la época lluviosa.

**Cuadro 1.** Promedios comportamiento de la roya para los departamentos en las variables evaluadas, mediante la implementación del sistema de Alerta Temprana para el cultivo del café, ciclo 2017-2018

Meses	Variables bajo estudio		
	Número total de hojas	Número de hojas con roya	Incidencia de la roya del café
	Promedios	Promedios	Promedios
Managua	1069.03	165.76	17.91
Nueva Segovia	1005.70	38.40	3.82
Jinotega	998.38	57.93	6.40
RACCS	965.95	37.92	4.20
Carazo	911.95	198.17	22.76
Masaya	874.88	117.95	14.70
Boaco	857.73	22.89	2.70
Granada	849.08	64.04	11.61
RACCN	815.42	15.95	2.00
Matagalpa	783.65	37.87	5.39
Rivas	717.46	135.26	17.90
Estelí	717.46	82.41	10.47
Madriz	716.96	21.34	2.94

### 5.6.3. Tasas de progreso de la roya (r)

La tasa de progreso de la enfermedad es un parámetro muy importante para analizar el comportamiento de una epidemia, ya que permite identificar los cambios en el progreso de la enfermedad durante la epidemia. Las tasas de enfermedad obtenidas a partir de los datos registrados, indican que la mayor tasa de incremento progresivo fue para el mes de junio del 2017 en la finca Australia (1530.83%), seguida de San Rafael y Santa Rosa. En cambio, en el año 2018, se registraron afectaciones inferiores a 100% para el mes de abril en la finca Australia (97.10%) y San Rafael (99.34%), siendo estas fincas las que son afectadas mayormente por la enfermedad.

En lo concerniente a las afectaciones mínimas en el año 2017, correspondieron a mes de septiembre en la finca Australia, Santa Rosa y Los Cocos. En San Rafael el mes de octubre registro los menores valores. Con respecto al año 2018 el mes de abril obtuvo los menores valores en Los Cocos y Santa Rosa, para las fincas Australia y San Rafael enero fue el mes con la menor afectación (Cuadro 2). Es importante mencionar que cada muestreo se realizó con frecuencia mensual (30 días), en las fincas bajo estudio por el mismo especialista del IPSA.

**Cuadro 2.** Progreso de la roya en las fincas bajo estudio, mediante la implementación del sistema de Alerta Temprana para el cultivo del café, ciclo 2017-2018

		Fincas evaluadas				
Mes de muestreo	Año	Australia	Los Cocos	San Rafael	Santa Rosa	
Junio	2017	1530.83	-1220.81	1488.09	1247.10	
Julio		124.11	1615.26	-74.42	370.49	
Agosto		88.98	32.77	238.74	94.44	
Septiembre		10.74	14.66	123.24	82.95	
Octubre		-22.08	284.87	62.82	98.99	
Noviembre		15.54	-108.88	-26.63	-88.91	
Diciembre		98.71	75.99	78.84	-30.52	
Enero		2018	39.38	-5.50	8.57	44.68
Febrero			-295.81	-255.08	-98.03	-213.49
Marzo			-141.15	-73.16	-285.08	28.90
Abril			97.10	1.71	99.34	6.11
Mayo			-278.43	-238.96	-99.62	-463.07

## **5.7. Consideraciones finales**

La epidemia de roya del café iniciada en 2012 en Centroamérica, mostró que, pese a la importancia económica, social y medioambiental de este cultivo en la región, no había herramientas funcionales para detectar y prevenir un problema de tan gran impacto. De ahí la necesidad de establecer un Sistema de Alerta Temprana para el monitoreo de la roya del café, el cual además debe acompañarse por un sistema de vigilancia en el que los niveles de roya sean monitoreados; necesario para identificar epidemias graves que permita tomar las medidas fitosanitarias o económicas, adecuadas para combatirlas y evitar sus consecuencias sociales. Sin embargo, estos monitoreos no están sistematizados de acuerdo a los factores que influyen sobre la roya y podrían carecer de representatividad. Tampoco se conoce la precisión con la que se evalúa la incidencia de la enfermedad.

De Wolf e Isard (2007) sugieren que dicho sistema debe incluir indicadores meteorológicos, ya que el desarrollo de plagas y enfermedades está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas. La relación de la temperatura y la humedad con el desarrollo de la enfermedad y la reproducción de patógenos sirve como base para la mayoría de los sistemas contemporáneos de predicción de enfermedades de las plantas. Tomando en consideración que una de las debilidades del sistema establecido en Nicaragua son los datos meteorológicos se requiere fortalecer este aspecto ara poder dar respuesta a los productores de este rubro.

## VI. CONCLUSIONES

El sistema de Alerta Temprana en el cultivo de café (SAT-Café), está conformado por cinco componentes, que en conjunto constituye una herramienta de importancia para el monitoreo de la roya del café en más de 150 fincas de referencia a nivel nacional, esta actividad es desarrollado por 29 especialista del IPSA. En donde se consideran la variedad, la fase fenológica del cultivo y las condiciones climáticas.

La implementación del Sistema de Alerta Temprana, permitió determinar el comportamiento de la roya del café, presentaron los mayores valores promedios en los departamentos de Managua, Carazo y Rivas, siendo los municipios de Niquinohomo, Diriamba, Estelí, Granada, Altagracia, El Crucero y Masatepe, en donde se determinaron los mayores porcentajes de afectación por la enfermedad en el cultivo de café. Se encontraron las mayores afectaciones en los meses de noviembre a marzo. Siendo las etapas fisiológica madurez de fruto, cosecha en donde existieron las mayores afectaciones en los cafetales.

El comportamiento de la roya a nivel nacional y en las fincas evaluadas fue muy similar alcanzando porcentaje mayores al 50% de afectación en todos los meses. La cosecha es la etapa fenológica con las mayores afectaciones en el cultivo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Continuar los estudios sobre el comportamiento de la roya del café en otros departamentos de país, mediante la implementación del Sistema de alerta Temprana (SAT CAFÉ).

Divulgar la utilización de este sistema a los productores de café y promover su uso, para tener mayor cantidad de datos y poder comprender con mayor precisión el comportamiento de la enfermedad.

Realizar convenios con otras instituciones que trabajan con productores de café para difundir la utilización de esta herramienta tecnológica

## VIII. LITERATURA CITADA

- Anacafé (Asociación Nacional del Café, GU). (2013). Situación de Guatemala. In Taller Nacional sobre la roya del café [Memoria. Ciudad de Guatemala. 20 ago 2013]. Presentación power point.
- Avelino, J.; Rivas, G. (2013). La roya anaranjada del cafeto <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>, 47 p.
- Avelino, J.; Romero-Gurdián, A.; Cruz-Cuellar, H.F.; Declerck, F.A. (2012). Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes. *Ecological Applications* 22(2): 584-596.
- Avelino, J.; Zelaya, H.; Merlo, A.; Pineda, A.; Ordoñez, M.; Savary, S. (2006). The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological modelling* 197(3): 431-447
- Ballesteros W. (2015). Sistema de Alerta Temprana en café. En línea. Consultado el 11 octubre del 2018. Disponible en [http://siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/SAT\\_CAFE\\_NICARAGUA - PANAMA 2-17 HB. .pdf](http://siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/SAT_CAFE_NICARAGUA_-_PANAMA_2-17_HB._.pdf)
- Bucardo Pérez, C. J. (2015). *Impacto económico de la Roya (Hemileia vastatrix) del Café (Coffea arábica) en Nicaragua en los ciclos comprendidos entre el (2008/2009–2012/2013)* (Dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). (2011). Censo Nacional Agropecuario (en línea). Managua, NI. Consultado el 04 octubre, 2018. Disponible en <http://www.inec.com.ni>
- de Melo Virgínio Filho, E., y Domian, C. A. (2015). Prevención y control de la roya del café. *Centro Agronómico*, 501.
- De Wolf, E. and Scott, I. (2007). Disease Cycle Approach to Plant Disease Prediction. *Annual Review of Phytopathology*. 45:203-220

- Estévez V, F.G. (1995). Evaluación del comportamiento de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) sin aplicación de agroquímicos. *In* simposio sobre caficultura latinoamericana (16, 25-29 Oct. 1993, Managua, Nicaragua). 1995. Memoria. IICA (Guatemala), PROMECAFE, Comisión Nacional del Café, Nic. Tegucigalpa, Honduras. V. 1, p. 12.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura). (2016). Manual para la utilización adecuada de dispositivos móviles: Sistema de Alerta Temprana para la Roya del Café. 26 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura). (2017). Manual de usuario SATCAFE nivel técnico: Sistema de Alerta Temprana para la Roya del Café. 46 p.
- IICA. (2004). Estudios de la cadena de comercialización de café. Edición EDITARTE.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2017). Extensión territorial de Nicaragua por departamento y municipio.
- INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo), Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua (MAGFOR). (2012). IV Censo Nacional Agropecuario, 2011. Managua.
- IPSA. (Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria). (2017). Sistema de Alerta Temprana para el cultivo de Café.
- Le Pelley, R. (1973). Las plagas del café. Editorial Labor, S. A. La Habana, Cuba. Pág. 693.
- Mejía, L. 2015. Microbiomas y Control Biológico de la Roya Anaranjada del Cafeto in Memorias de los Talleres de Agroecología y Roya del Café en Mesoamérica y República Dominicana. 42-46 p.
- Pérez, H. (2015). Sistema de alerta Temprana para el Monitoreo de la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*) (SATMA/SATCAFE). *Presentación power point. Panamá.*

- Quezada Fiallos, R. G. (2015). Implementación del Sistema de Alerta Temprana para el Monitoreo de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) y Prevenir Epidemias Futuras en Nicaragua: Informe de Pasantías realizadas en el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Rivillas Osorio, C.A.; Serna Giraldo, C.A.; Cristancho Ardila, M.A.; y Gaitan Bustamante, A.L. (2011). La roya del cafeto en Colombia - Impacto, manejo y costos del control. Caldas, Co: Cenicafé. 51 p.
- Sánchez Mayorga, O. E., & Muñoz Granado, Á. A. (2018). *Análisis de sistemas de producción agrícola en tres municipios del departamento de Nueva Segovia, 2017-2018* (Dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Silva, R., Zambolim, L., & Alvarez, V. H. V. (2002). Estrategias de Control de la roya del cafeto con la aplicación de fungicida protector y sistémico en Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Bioagro*, 14(2), 85-97.
- Shaner, G., & Finney, R. E. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67(8), 1051-1056.
- Unesco; Comisión Europea; SICA; Cepredenac; Meduca. (2011). Manual sistemas de alerta temprana: 10 preguntas - 10 respuestas. Panamá. 60 p.
- Van der Plank, P. H. (1988). Growth and decline of the Dutch standard language across the state borders. *International Journal of the Sociology of language*, 1988(73), 9-28.
- Villarreyna, A, R, A. (2014). Análisis de las condiciones de manejo que propiciaron el impacto de la roya (# *Hemileia vastatrix*) en la zona cafetalera de los municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua.
- Virginio Filho, E. D. M., & Astorga Domian, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café: manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores*. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Zadoks, J.C. y Schein, R.D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*, New-York: Oxford University Press. 427 p.

# **IX. ANEXOS**

**Anexo 1.** Ubicación de las fincas de referencia nacional, empleadas en el Sistema de Alerta Temprana en el cultivo de Café (SAT-CAFÉ)

Latitud	Longitud	Altitud msnm	Departamento	Área (Ha)		Latitud	Longitud	Altitud msnm	Departamento	Área (Ha)
13.76210022	-86.51080322	1142	Nueva Segovia	5		11.7488928	-84.423790	186	RACS	2
13.27589989	-86.49649811	1422	Estelí	5		11.7489996	-84.4253998	186	RACS	2
11.90629959	-86.16359711	451	Masaya	14		11.7089005	-84.4400024	208	RACS	5
12.98130035	-85.80039978	769	Matagalpa	3.5		11.7308998	-84.4268036	205	RACS	4
13.57999992	-86.14330292	780	Madriz	10.53		12.4025002	-85.4906006	500	Boaco	0.75
13.5335474	-86.20950317	842	Madriz	10		11.8900003	-86.2285004	670	Carazo	18.3
13.56680012	-86.17150116	749	Madriz	21.07		13.9272003	-86.1537018	1217	Nueva Segovia	7
13.52499962	-86.18000031	1071	Madriz	10.53		13.7628002	-86.552803	1208	Nueva Segovia	7
13.5607996	-86.22299957	949	Madriz	1.4		13.765357	-86.5519257	1307	Nueva Segovia	2.46
13.34710026	-86.61039734	1354	Madriz	10		11.7250309	-84.4307404	178	RACS	11
13.74030018	-86.51339722	1018	Nueva Segovia	1.78		13.7548027	-86.4617844	1423	Nueva Segovia	5
13.75459957	-86.46589661	1450	Nueva Segovia	1.42		12.0169001	-86.3348007	1500	Managua	9999.99
13.75300026	-86.46730042	1486	Nueva Segovia	17.85		11.9506998	-86.2391968	725	Masaya	61.58
13.75660038	-86.31030273	1119	Nueva Segovia	4.28		11.894558	-86.1310501	243	Masaya	14
13.75539974	-86.30930328	1111	Nueva Segovia	3.21		13.758565	-86.5332108	1014	Nueva Segovia	48
13.66539955	-86.21530151	800	Nueva Segovia	3		13.4977074	-85.5848084	631	Jinotega	1.4
13.92899991	-86.14759827	1167	Nueva Segovia	4		13.2859449	-85.7762909	676	Jinotega	6
13.92380047	-86.13300323	760	Nueva Segovia	6		13.2861214	-85.716629	1050	Jinotega	5.2
13.95339966	-86.15419769	842	Nueva Segovia	2.14		13.5923138	-85.7494888	884	Jinotega	1.4
13.64830017	-86.17520142	702	Nueva Segovia	11.42		13.3825569	-86.0152283	723	Jinotega	1.4
13.65629959	-86.17469788	641	Nueva Segovia	7.14		13.3241072	-85.9437561	538	Jinotega	1
13.76340008	-86.04360199	933	Nueva Segovia	5.71		13.3414364	-86.0056305	629	Jinotega	1
13.75510025	-85.97640228	1050	Nueva Segovia	12.85		13.2803507	-85.9511795	1023	Jinotega	0.7
13.58880043	-86.08329773	941	Nueva Segovia	2		13.3240776	-85.3443985	705	RACN	7.73
13.70580006	-85.86820221	808	Nueva Segovia	2.85		13.4147425	-85.4266357	820	RACN	2.1
12.01092721	-86.32543182	815	Managua	42.5		13.3919773	-85.4101715	812	RACN	7.37
12.01690006	-86.3348999	755	Managua	42		13.2538776	-85.5696182	650	Matagalpa	1
12.02330017	-86.32520294	700	Managua	25.29		13.2412911	-85.5340805	644	Matagalpa	2

12.01210022	-86.33370209	746	Managua	6	13.2285547	-85.548439	641	Matagalpa	1
12.00879955	-86.28150177	914	Managua	55	13.2222519	-85.5720825	705	Matagalpa	2
11.94439983	-86.24079895	462	Masaya	2.8	11.6690216	-84.4592438	188	RACS	14
11.90629959	-86.16359711	451	Masaya	14	11.6956816	-84.3688049	200	RACS	8
11.94429971	-86.22090149	683	Masaya	2.8	11.7385721	-84.5039139	205	RACS	19
11.82520008	-86.00900269	343	Granada	189	11.674469	-84.4806976	216	RACS	7.1
12.54419994	-85.646698	551	Boaco	4.92	11.6462793	-84.4417877	231	RACS	4.28
12.58320045	-85.68090057	803	Boaco	140.8	13.2398071	-85.6180496	675	Matagalpa	1
12.65760041	-85.6996994	644	Boaco	7.04	13.2954521	-85.3612824	461	RACN	2.3
12.54030037	-85.64230347	654	Boaco	6	11.4747076	-85.4930573	228	Rivas	2.8
13.60079956	-85.57510376	548	Jinotega	5.5	11.4822149	-85.5094452	118	Rivas	18.31
13.45100021	-85.6536026	457	Jinotega	6.5	13.2479992	-86.4706116	1295	Estelí	1.5
13.34350014	-85.65339661	565	Jinotega	15	13.4388876	-85.6405563	517	Jinotega	2.8
13.34150028	-85.75180054	895	Jinotega	6	13.7854242	-86.5602875	1176	Nueva Segovia	40
13.21109962	-86.11160278	1096	Jinotega	19	12.3082476	-83.707161	9	RACS	1
13.18130016	-85.95420074	997	Jinotega	3	12.2740612	-83.7372131	52	RACS	1
13.18210031	-85.89820099	1026	Jinotega	17	12.2837982	-83.740036	52	RACS	1
13.25699997	-86.03489685	1042	Jinotega	6.5	12.2402201	-83.7525482	41	RACS	1
13.18130016	-85.95420074	997	Jinotega	9	12.3004036	-83.7408371	35	RACS	1
13.21590042	-85.91249847	1014	Jinotega	8	12.2926893	-83.7434311	53	RACS	1
13.21660042	-85.84049988	1050	Jinotega	11	12.2697754	-83.7430191	45	RACS	1
13.25819969	-86.20249939	1211	Jinotega	3.5	12.3041334	-83.7354965	53	RACS	1
13.24960041	-86.1937027	1310	Jinotega	3.5	12.2892857	-83.7332764	48	RACS	1
13.36929989	-85.88929749	595	Jinotega	6	12.3110151	-83.7401505	51	RACS	1
13.32190037	-86.00509644	980	Jinotega	10.5	13.3450632	-85.6546097	980	Jinotega	2.1
13.31229973	-86.06900024	1158	Jinotega	8.5	13.2805204	-86.2455444	1322	Estelí	4
13.29880047	-86.09519958	1118	Jinotega	7	11.6960201	-84.4633408	183	RACS	12
13.23229981	-86.11940002	1220	Jinotega	22	13.2846813	-86.2426376	1324	Estelí	1
13.56280041	-85.76139832	579	Jinotega	2.8	12.0377884	-86.2711639	603	Managua	23.24
13.60229969	-85.74649811	931	Jinotega	9.5	13.6133432	-85.5148926	477	Jinotega	2.1
13.26519966	-86.16269684	1174	Jinotega	11	13.9505663	-86.1654129	878	Nueva Segovia	2.8
13.29920006	-86.17060089	936	Jinotega	6	12.8632412	-85.9060974	1131	Matagalpa	0.7

13.32250023	-86.10749817	1084	Jinotega	4		13.2929316	-85.413147	676	RACN	2
11.45232296	-85.47605133	203	Rivas	2		13.257	-86.0348969	1157	Jinotega	4.9
11.45839977	-85.47239685	210	Rivas	2		11.9068117	-86.1669693	465	Masaya	9.45
13.25399971	-85.60320282	836	Matagalpa	7		13.7826996	-86.5689011	1300	Nueva Segovia	1
13.20520021	-85.63289642	776	Matagalpa	14		13.7694578	-86.5678406	1260	Nueva Segovia	1.41
13.23900032	-85.56520081	662	Matagalpa	12		13.6007004	-86.0860977	849	Nueva Segovia	5
12.69439983	-85.73239899	784	Matagalpa	12		11.8629665	-86.1523743	509	Masaya	4.9
12.68200016	-85.71790314	665	Matagalpa	7.5		12.280654	-83.7445602	52	RACS	3
12.77550031	-85.81130219	841	Matagalpa	30		13.2933292	-85.9061203	1056	Jinotega	5.6
12.79880047	-85.82769775	830	Matagalpa	12		13.3804169	-85.711853	557	Jinotega	3
12.74289989	-85.68299866	624	Matagalpa	4		13.0926352	-85.9784927	1300	Jinotega	148
12.71990013	-85.68730164	758	Matagalpa	12		13.2570047	-85.8382111	1040	Jinotega	4
12.87975979	-85.89845276	1124	Matagalpa	5		13.38482	-86.0868149	800	Jinotega	16.8
12.86362457	-85.90351105	1161	Matagalpa	3.75		13.6505871	-85.7109451	946	Jinotega	2.1
12.86362457	-85.90351105	1230	Matagalpa	4		12.1015863	-84.5407944	98	RACS	3
12.96561432	-85.87489319	960	Matagalpa	4		11.4559975	-85.4734726	120	Rivas	2
12.97525215	-85.76142883	802	Matagalpa	8		13.1858358	-85.8322144	941	Jinotega	2
12.98615932	-85.7322998	804	Matagalpa	12		13.1884413	-85.816803	1091	Jinotega	2
13.22295189	-85.68752289	993	Matagalpa	20		13.2164593	-85.838501	991	Jinotega	1
11.91402531	-86.24711609	655	Carazo	3		13.1331253	-85.9841003	949	Jinotega	50
11.89360523	-86.2705307	643	Carazo	214		11.2192297	-85.5480881	135	Rivas	210
11.87315751	-86.20292664	566	Carazo	57.14		11.4280443	-85.7864533	45	Rivas	178
11.87589359	-86.17917633	582	Carazo	8.57		11.4280443	-85.7864533	45	Rivas	178
11.87611866	-86.25757599	615	Carazo	30		12.792778	-85.8316956	777	Matagalpa	3.3
11.90312767	-86.2232132	625	Carazo	28.57		12.8668604	-85.8822174	680	Matagalpa	4.16
11.87090874	-86.1754303	532	Carazo	25		12.82761	-85.8199081	808	Matagalpa	3.3
13.42179966	-86.25650024	1290	Estelí	2		13.2836676	-85.4036636	457	RACN	2
13.25479984	-86.49909973	675	Estelí	1		12.1642504	-83.4500656	69	RACS	1
13.24899961	-86.47000122	1227	Estelí	1.5		13.3306379	-85.352562	565	RACN	40
13.24909973	-86.47000122	1228	Estelí	6		12.9508419	-85.592865	601	Matagalpa	2
13.28820038	-85.3993988	542	RACN	3		12.9802752	-85.5562286	624	Matagalpa	2
13.42599964	-85.7390976	768	Matagalpa	16		11.8673223	-86.153047	496	Masaya	14

13.14470005	-85.75980377	1030	Matagalpa	32		13.5657175	-85.5463108	599	Jinotega	10.5
13.20180035	-85.5490036	722	Matagalpa	18		12.2409754	-83.760582	54	RACS	1
11.85869981	-85.99259949	620	Granada	104		13.2615416	-85.9051379	964	Jinotega	9.8592
12.71000004	-85.76999664	696	Matagalpa	8.4		13.1989932	-85.650488	739	Matagalpa	2.1127
13.32100011	-86.48539734	958	Estelí	1.5		13.2085446	-85.653004	749	Matagalpa	2.1127
13.42899991	-86.55000305	1115	Madriz	1.4		13.2292146	-86.062921	1237	Jinotega	329
12.33049965	-84.24900055	55	RACS	0.71		13.0294237	-85.57453	1539	Jinotega	21
12.32559967	-84.24639893	79	RACS	1.42		13.2049626	-85.654023	846	Matagalpa	3.5211
12.37259961	-84.27980042	51	RACS	2.4		13.2491349	-85.7398657	769	Matagalpa	14.0845
12.39719963	-84.32250214	48	RACS	1.4		13.1704775	-85.72478	905	Matagalpa	2.8169
11.72381973	-84.42759705	182	RACS	8						

**Anexo 2.** Análisis de los componentes, funciones y aportes del sistema de alerta Temprana en el cultivo de café en Nicaragua

Componentes	Que hace como funciona	Aportes	Dificultades y Limitantes
Técnico de campo	Se cuenta con 29 técnico de perfil agrónomo con experiencia en manejo de café y aplicaciones móviles para levantar datos de hoja con roya	Reconoce los síntomas característicos de la enfermedad y selecciona el lote donde se va a muestrear, Aplica correctamente la metodología	No poder utilizar adecuadamente la aplicación móvil y no contar con equipos móviles modernos de gama alta.
Equipamiento y aplicaciones	Se cuenta con 29 equipo celulares de última generación y una aplicación móvil para poder documentar toda la información	El instrumento permite ingresar la información de una manera ordenada y guardarla en su sistema además permite conocer los resultados una vez ingresado los 30 puntos de muestreo de la enfermedad	Se pueden descargar las pila ,el equipo puede sufrir perdida ,alto costo de adquisición.
Servidor	Se cuenta con una plataforma web para revisar los registros de un ordenador en cualquier lugar con acceso a internet este servidor los maneja (FAO)	La información generada se puede consultar las veces que sea necesario	El servidor es manipulado únicamente por una persona,
Dato meteorológicos	No se tiene capacidad tecnológica para instalar en cada finca una estación meteorológica	Realizar alianzas con el INETER para fortalecer el proyecto sobre el manejo de roya y otras plagas.	Para tener un mejor datos de seguimiento de la enfermedad es necesario contar con datos climáticos mensuales de cada finca
Fincas y productores	A nivel nacional se cuenta con una base de dato de 150 fincas bajo monitoreo de roya y broca	Se recolecta información de las fincas en diferentes departamento del país lo que permite tener un dato sobre el comportamiento de la enfermedad por zona de altura y departamento.	Cuando hay tormenta y presencia de huracanes se es difícil realizar el monitoreo de roya en las fincas de referencias

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3.** Selección de ubicación de la finca para el levantamiento de datos de afectaciones por roya del café



**Anexo 4.** Detalles para el levantamiento de datos de afectaciones por roya del café

 91%  1:30 PM

## DETALLE DEL MUESTREO

×

INFORMACIÓN GENERAL

<b>UBICACIÓN</b>	Los Cocos - CZ
<b>FECHAHORA</b>	2018-11-27 12:42:24
<b>PLANTAS</b>	30
<b>BANDOLAS</b>	2
<b>FENOLOGÍA</b>	Maduración de frutos

DATOS OBTENIDOS

**HOJA**

	TOTALES	POSITIVOS	%
<b>ROYA</b>	703	373	53.06

---

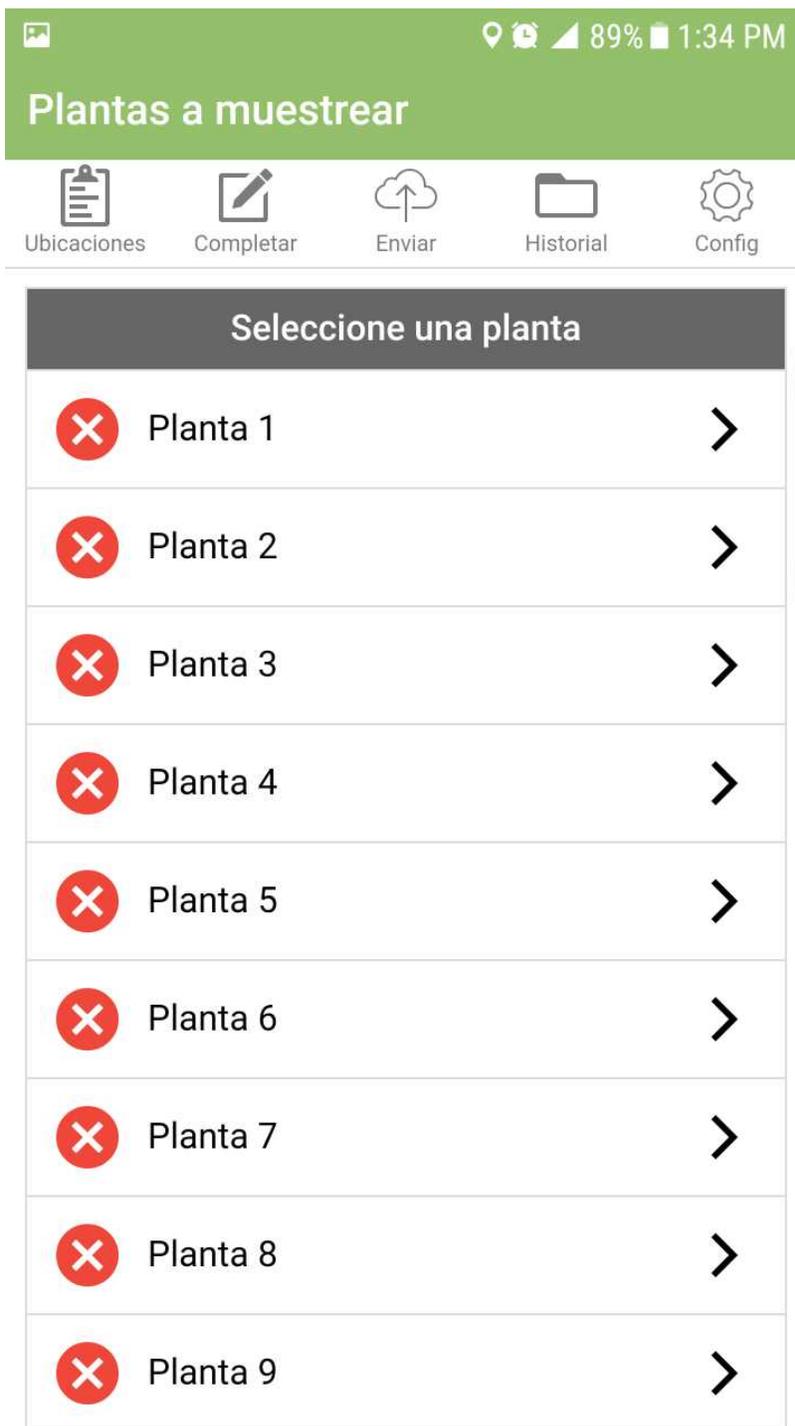
**FRUTO**

	TOTALES	POSITIVOS	%
<b>BROCA</b>	139	1	0.72

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

<b>LONGITUD</b>	-86.2571965
<b>LATITUD</b>	11.8807028
<b>PRESICIÓN</b>	8

**Anexo 5.** Selección de la planta a ser muestreada en el cultivo de café para determinar el porcentaje de afectación por roya



**Anexo 6.** Detalle del muestreo efectuado en el cultivo de café para determinar el porcentaje de afectación por roya

INFORMACIÓN GENERAL			
<b>UBICACIÓN</b>	Australia - CZ		
<b>FECHA HORA</b>	2018-11-27 07:36:45		
<b>PLANTAS</b>	30		
<b>BANDOLAS</b>	2		
<b>FENOLOGÍA</b>	Maduración de frutos		
DATOS OBTENIDOS			
HOJA			
	TOTALES	POSITIVOS	%
<b>ROYA</b>	901	298	33.07
FRUTO			
	TOTALES	POSITIVOS	%
<b>BROCA</b>	452	6	1.33
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA			
<b>LONGITUD</b>	-86.2707252		
<b>LATITUD</b>	11.8920437		
<b>PRESICIÓN</b>	3		