

Epidemiología de la Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk) y aplicación para un sistema de alerta temprana en la República Dominicana

Quisqueya Pérez*, Toribio Contreras** y Antonio Cueva***

Abstract

In order to develop bioclimatic models of local application aimed at strengthening the Coffee Rust Alert System (SATR), in the period 2015 to 2017, an epidemiological study was developed in two regions of the Dominican Republic. The investigation recorded the duration of the biological cycle, the incidence and severity of the disease, plant phenology, temperature, relative humidity, precipitation, dew point and rainfall. As results of this investigation, the behavioral curves of the disease and its relationship with climatic and phenological factors of the crop were obtained. Advances in results obtained indicate that the duration of the incubation period (PI) of *H. vastatrix*, in Jarabacoa, ranged between 21 and 35 days, the complete biological cycle between 29 and 46 days; while, in the Polo area, the incubation period ranged from 22 to 35 days, the duration of the biological cycle was 29 to 45 days. The most influential climatic factors were temperature, number of days with rain and amount of rain accumulated. For the Polo area, the models $Y = 71.06 - 2.60 \text{ minimum temperature}$ were obtained for the incubation period forecast, with an R^2 equal to 81% and $Y = 72.59 - 0.08 \text{ (temp. Max)} - 2.75 \text{ (temp. Min)}$ with an R^2 of 81%. In the validation of the PI forecast of both equations compared to the Rayner equation, only the first model and the Rayner equation had similar forecasts for the duration of the PI. In both areas, the behavior of the rust had three epidemic phases and its biological cycle was influenced by the maximum and minimum temperature and the number of days with rain. For the Jarabacoa area, two models were obtained for the incidence prognosis: first model $Y \text{ (Inc. \%)} = 246.4 - 8.03 \text{ Temp. Minimum} - 2.23 \text{ Temp. Maximum}$, with an $R^2 = 0.83$ obtained with climatic data recorded within the study plot and the second $Y = 340.18 - 6.08 \text{ Temp. Maximum} - 7.66 \text{ Temp. Minimum}$ with an R^2 of 0.81. Both models must be validated in subsequent studies.

Keywords: *rust, coffee, epidemiology, climate.*

Resumen

Con el propósito de desarrollar modelos bioclimáticos de aplicación local dirigidos a fortalecer el Sistema de Alerta para la Roya del Café (SATR), en el período 2015 al 2017, se desarrolló un estudio epidemiológico en dos regiones de la República Dominicana. En la investigación se registró la duración del ciclo biológico, la incidencia y severidad de la enfermedad, fenología de la planta, temperatura, humedad relativa, precipitación, punto de rocío y pluviometría. Como resultados de esta investigación se obtuvieron las curvas de comportamiento de la enfermedad y su relación con factores climáticos y fenológicos del cultivo. Avances de resultados obtenidos, indican que la duración del período de incubación (PI) de *H. vastatrix*, en Jarabacoa, osciló entre 21 y 35 días, el ciclo biológico completa entre 29 y 46 días; mientras que, en la zona de Polo, el período de incubación osciló entre 22 y 35 días, la duración del ciclo biológico fue de 29 a 45 días. Los factores climáticos de mayor influencia fueron temperatura, cantidad de días con lluvia y cantidad de lluvia acumulada. Para la zona de Polo, se obtuvieron para pronóstico de período de incubación, los modelos $Y = 71.06 - 2.60 \text{ temperatura mínima}$, con un R^2 igual a 81% y $Y = 72.59 - 0.08 \text{ (temp. max)} - 2.75 \text{ (temp. min)}$ con un R^2 de 81%. En la validación del pronóstico de PI de ambas ecuaciones en comparación con la ecuación de Rayner, solo el primer modelo y la ecuación de Rayner tuvieron pronósticos similares para la duración del PI. En ambas zonas, el comportamiento de la roya tuvo tres fases epidémicas y su ciclo biológico estuvo influenciado por la temperatura máxima y mínima y el número de días con lluvia. Para la zona de Jarabacoa, se obtuvieron dos modelos para el pronóstico de incidencia: primer modelo $Y \text{ (Inc. \%)} = 246.4 - 8.03 \text{ Temp. Mínima} - 2.23 \text{ Temp. Máxima}$, con un $R^2 = 0.83$ obtenido con datos climáticos registrados dentro de la parcela de estudio y el segundo $Y = 340.18 - 6.08 \text{ Temp. Máxima} - 7.66 \text{ Temp. Mínima}$ con un R^2 de 0.81. Ambos modelos deben ser validados en estudios posteriores.

Palabras clave: roya, café, epidemiología, clima.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) es de importancia socioeconómica para la República Dominicana, por su papel como generador de ingresos para el país y las familias cafetaleras y su rol en la protección de grandes superficies localizadas en las zonas montañosas, constituyendo la mayor masa boscosa con que cuenta

actualmente la nación.

La enfermedad Roya del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk & Br, fue detectada en la República Dominicana en el año 1988. A partir de su detección, se realizaron investigaciones que determinaron el comportamiento de la enfermedad en diferentes zonas

*Investigadora. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), correo, qperez79@uasd.edu.do, **Instituto Dominicano del Café (Indocafe) y ***Profesor Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).

de producción, como base para su manejo, manteniéndose la enfermedad como una más del cultivo durante veintidós años sin causar daños significativos. Sin embargo, la caficultura dominicana ha sido afectada por circunstancias adversas como la variabilidad de los precios en el mercado internacional y la escasa inversión del Estado Dominicano en el sector cafetalero, causas principales de la reducción de la producción por abandono de las áreas y deterioro de los cafetales, así como por los efectos de factores climáticos adversos, principalmente la destrucción de plantaciones a causa de los huracanes.

Como parte de la respuesta a esta crisis, se desarrolló un proyecto de investigación entre el 2015 y 2017, con el objetivo de actualizar el conocimiento sobre el comportamiento de la enfermedad en diferentes zonas geográficas y su relación con las condiciones climatológicas. En este artículo presentamos los resultados de esta investigación realizada en la zona cafetalera de Los Marranitos, en Jarabacoa, provincia La Vega y en La Lanza, Polo, provincia Barahona, localizadas en las regiones norcentral y el sur de la República Dominicana, respectivamente, durante el año 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos zonas cafetaleras: Los Marranitos, Jarabacoa, provincia La Vega, localizado en la latitud 19.11667 y longitud -70.63333, a una altitud de 1,200 msnm, con pluviometría media anual de 1,436 mm, temperatura máxima y mínima de 29.7 y 16.4 grados Celsius, respectivamente, localizadas en la vertiente norcentral de la Cordillera Central y en la Lanza, Polo, provincia Barahona, localizada en la latitud 18.085509 y longitud -70.63333 en la Sierra de Bahoruco en el sur de la República Dominicana.

En los Marranitos, se seleccionó una finca sembrada con café de la variedad 'Caturra' de aproximadamente 7 años de sembrada con un marco de plantación de a dos por un metro, con sombreado regular, alta capacidad productiva. En Polo, se seleccionó un lote de la variedad 'Caturra', dentro de las instalaciones del Centro Sur de Desarrollo Agropecuario del Instituto Dominicano del Café (Indocafe), de aproximadamente 7 años de sembrada con un marco de plantación de dos por un metro, con media a baja capacidad productiva.

Los lotes fueron manejados igual que el resto de la finca, con la excepción de que no se realizaron aplicaciones de fungicidas.

Procedimiento de campo

La investigación se dividió en dos etapas:

Determinación del período de incubación y latencia. Para lo cual se llevaron mensualmente a las parcelas 20 plantas de café de la variedad 'Caturra', producidas

fuera de la zona cafetalera para garantizar que estuvieran libres de la enfermedad Roya del café. Se seleccionaron diez plantas, en cada una se tomaron cuatro hojas y se marcaron círculos donde eran inoculadas artificialmente con uredosporas frescas y libres del hongo *Lecanicillium lecanii*. Las plantas inoculadas se distribuyeron en las parcelas y a los 15 días se realizó la primera lectura y las siguientes cada tres días hasta que aparecieran los primeros síntomas y luego las primeras uredosporas. Las restantes diez plantas se distribuyeron dentro del lote a fin de que se produjera inoculación natural, las lecturas se hicieron siguiendo el mismo protocolo.

Determinación de la curva epidemiológica

Para el estudio de comportamiento de la enfermedad, se utilizó la metodología regional utilizada por los países miembros del Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura (Promecafe) para estudios epidemiológicos, que consistió en seleccionar lotes de una hectárea de café de la variedad 'Caturra' el cual fue delimitado físicamente para garantizar la no aplicación de fungicidas. En cada lote se seleccionaron e identificaron 30 plantas y en cada una se escogieron 2 ramas o bandolas del estrato medio de la planta

Variables evaluadas

Se registraron cada 15 días las variables: número total de hojas en la rama (NTH), hojas nuevas (HN), hojas con Roya nueva (HRN) y severidad, esta última utilizando la escala diagramática de la Dirección Nacional de Vigilancia Fitosanitaria de México (2013)

Registro de variables climáticas

Para estos, registros se instaló en cada una de las parcelas, un Data Logger que registró cada dos horas por día, la temperatura, humedad relativa y punto de rocío.

Se obtuvieron los registros diarios de temperatura máxima y mínima, número de días con lluvia y milímetros diarios de las estaciones de la Oficina Nacional de Meteorología de Polo y Jarabacoa (Silvicultura) localizadas a unos tres kilómetros de las parcelas de estudio.

Análisis estadístico

Con los registros periódicos de la incidencia y los datos de pluviometría, temperatura máxima y mínima, punto de rocío y humedad relativa, se realizaron los análisis de correlación y regresión múltiple utilizando el paquete estadístico Infostat, para determinar la influencia de cada una de esas variables y de su conjunto en el comportamiento de la enfermedad. Los registros de cantidad de hojas con roya nueva (HRN) en las ramas evaluadas nos sirvieron de parámetro de ayuda para la estimación de la duración del período de incubación en las plantas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Duración del ciclo biológico

La duración del ciclo biológico en el 1998, fue de 29 a 48 días en la Zona de Jarabacoa (Pérez *et al.* 1995) a 700-800 msnm, sin embargo, en PI determinado en este estudio para una altitud de 1,120 msnm en la misma zona para el 2016, osciló entre 21 y 34 días, bajo condiciones climáticas donde se esperaba que fuera más prolongado. Este comportamiento podría atribuirse a que la temperatura media se mantuvo en los rangos de 21 a 25 grados Celsius, adecuados para favorecer la duración del período de incubación.

En el caso de Polo, la duración del período de incubación osciló entre 22 y 35 días, bajo condiciones de altitud menor que Jarabacoa y con una temperatura media en-

tre 19 y 24°C, donde se esperaba un periodo de incubación mucho más corto que en Jarabacoa.

La temperatura mínima y máxima resultaron las variables más influyentes en la duración del ciclo biológico en Polo para evaluar la posibilidad de utilizar información climática de una estación meteorológica localizada a cinco kilómetros de la parcela, se realizó un análisis de correlación utilizando los datos de la estación climática y los obtenidos con un data logger dentro de la parcela, los análisis estadístico indican que en Polo, correlación entre el período de incubación y la temperaturas máxima R_2 de 58% P de 0.0006 y para la temperatura mínima, 0.31 (R_2 31% (con un P 0.013), igual ocurre con los datos registrados en la estación climática de la Oficina Nacional de Meteorología (Onamet), con un R_2 = 90% para la temperatura mínima, con $P < 0.08$ y R_2 = 69% para la máxima. Con $P < 0.013$.

Tabla 1. Duración del ciclo biológico en Polo y El Marranito

| Mes | PI(días)_Jarabacoa 1120 msnm | CB (días) | PI (días) | CB (días) Polo a 891 msnm |
|-----|---------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|
| E | 32 | 40 | 35 | 45 |
| F | 35 | 43 | 35 | 45 |
| M | 30 | 41 | 35 | 42 |
| A | 21 | 29 | 22 | 29 |
| M | 28 | 42 | 22 | 29 |
| J | 28 | 36 | 23 | 30 |
| J | 28 | 37 | 23 | 42 |
| A | 29 | 40 | 25 | 35 |
| S | 26 | 36 | 25 | 37 |
| O | 26 | 40 | 27 | 41 |
| N | 32 | 46 | 27 | 41 |
| D | 34 | 42 | 30 | 45 |

Tabla 2. Relación entre la duración del PI con la temperatura obtenida con dentro de la parcela (Data logger) y de las estaciones de Oficina Nacional de Meteorología (Onamet) más próximas a las zonas.

| Localidades | Duración PI (días) | Método obtención | Temp. Max | Temp. Min |
|----------------|--------------------|------------------|--------------|-------------|
| Polo | | Data logger | -0.58 | -0.31 |
| | PI Máximo = 35 | | $P < 0.0006$ | $P < 0.013$ |
| | PI Mínimo = 22 | Onamet | -0.90 | -0.69 |
| Los Marranitos | | | $P < 0.08$ | $p < 0.07$ |
| | PI Máximo = 35 | Data Logger | -0.43 | -0.25 |
| | PI Mínimo = 21 | | $P < 0.0027$ | $P < 0.094$ |
| | | Onamet | -0.39 | -0.21 |
| | | | $P < 0.21$ | $p < 0.009$ |

Para Jarabacoa, con los registros climáticos dentro de la parcela, también la temperatura fue el factor más influyente, con coeficiente de correlación de 43% y $P < 0.0027$ para la temperatura máxima y 25% con $P < 0.094$ para la temperatura mínima con los registros de Onamet.

Para iniciar el proceso de validación de estas informaciones, se desarrollaron dos modelos utilizando el análisis de regresión para la duración del ciclo biológico y las variables meteorológicas utilizando el método Stepwise (paso a paso). Para Polo, resultó en la obtención de dos modelos para la duración del período de incubación $Y = 7.06 - 2.5 T_{min}$ con un R_2 de 79% y para la duración del Ciclo biológico $Y = 72.59 - 0.08 T_{max} - 0.275 T_{min}$ con un $R_2 = 71\%$.

La duración del ciclo biológico para las enfermedades policíclicas como la Roya del café es determinante porque influye en las fases de desarrollo de la enfermedad y puede utilizarse para predecir el desarrollo de la enfermedad en el campo. Esta es una información de relevancia arrojada por este estudio, ya que luego de su validación permitirá la estimación del desarrollo de la enfermedad. Los resultados de investigación para determinación del período de incubación y el ciclo biológico, indican que la temperatura es el factor climático más influyente, según Rayner, citado por IICA (1977) y Leguizamón (1998).

Se comparó los registros de período de incubación observado en Polo y el predicho por la ecuación de Rayner, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

Los estudios epidemiológicos sobre la Roya del café, realizados antes de la crisis del 2010, y los posteriores a esta crisis, en ambas zonas de estudio, indican que hay cambios en la biología del hongo asociado con el cambio climático.

Comportamiento de las epidemias en las zonas de estudio

En ambas zonas de estudio, el desarrollo de la epidemia se inicia en el período abril a mayo. En la zona de Polo, a una altitud de 980 msnm, la incidencia fue de 5 a 30%, se esperaba que los valores fueran mayores a los registrados en este estudio, dentro de la región donde la Roya produjo los mayores daños a raíz de la crisis.

El sistema compuesto por *Hemileia vastatrix* y el cultivo del café es influenciado de manera holística por la humedad y la temperatura en la zona de Polo, las variables climáticas que más influyeron de manera individual en el comportamiento de la enfermedad fueron las temperaturas máximas y la cantidad de lluvia caída con un R_2 de 36 y 25%, respectivamente.

En la zona de Jarabacoa, con una altitud de 1120 msnm, se registraron niveles de incidencia entre 27 y 80%. En esa zona, se esperaba que la incidencia fuera menor debido a la altura. En esa zona, las variables climáticas más influyente fueron la temperatura máxima y mínima y la cantidad de lluvia caída, con un $R_2 = 50\%$.

Tabla 3 Comparación entre PI observado y pronosticado por las ecuaciones de Rayner y modelo 2 Polo, La Lanza

| Meses | PI observado en campo | PI Pronosticado con la Ecuación De Rayner $Y = 90.61 - 0.408 T_{max} - 0.408 T_{min}$ | PI Pronosticado por Ecuación 2 Polo $Y = 7.06 - 2.5 T_{min}$ |
|-------|-----------------------|---|--|
| E | 35 | 35. | 35 |
| F | 35 | 34. | 35 |
| M | 35 | 34. | 35 |
| A | 22 | 32 | 22 |
| M | 22 | 31 | 22 |
| J | 23 | 31 | 23 |
| J | 23 | 30. | 23 |
| A | 25 | 30 | 26 |
| S | 25 | 31 | 25. |
| O | 27 | 31 | 26. |
| N | 27 | 31 | 27 |
| D | 30 | 34. | 30 |

Según varios autores, la cantidad de inoculo residual, así como la virulencia y agresividad en la fase de menor incidencia, determina la severidad en la siguiente epidemia, Avelino (2013).

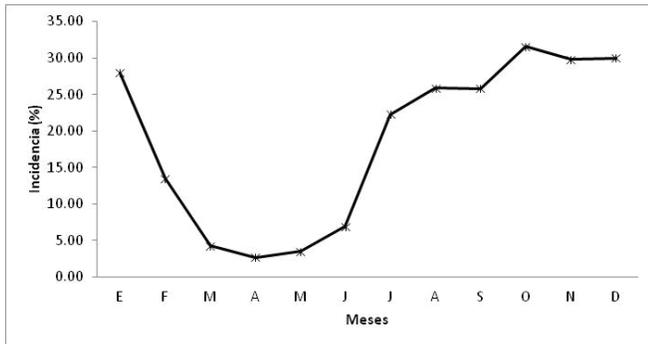


Figura 1. Curva epidemiológica de la Roya en Polo en 2016.

Como se observa en la Figura 2, el inoculo residual medido como porcentaje de hojas enfermas fue cinco veces superior en Jarabacoa al inicio de la epidemia, lo pudo haber influido en el comportamiento de la enfermedad durante todo el año.

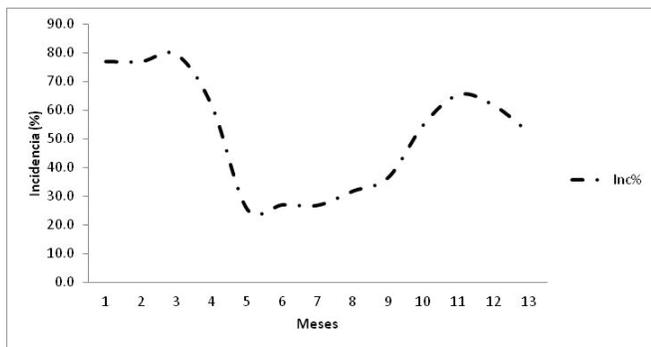


Figura 2 Curva epidemiológica de la Roya en Jarabacoa en 2016.

Las características de ambas fincas, marcada por una diferencia en cantidad de plantas y capacidad productiva combinado con el efecto de las condiciones climáticas, incidieron en el comportamiento de la epidemia en ambas zonas, Rayner (1961), Rijo y Rodríguez (1978) y Cadena (1978).

En la zona de Polo, la cantidad de días con lluvia osciló de 17 a 30 días, mayor a la zona de Jarabacoa, que fue de 7 a 28 días. Es probable que esa cantidad de días con lluvia en la zona de Polo haya lavado las uredosporas durante la fase de despegue de la epidemia y después de iniciar la fase de crecimiento rápido, reduciendo los niveles de incidencia de la enfermedad durante todo el período siguiente.

En la zona de Polo, las variables climáticas que más influyeron de manera individual en el comportamiento de la enfermedad fueron: el número de días con lluvia

con un $R_2 = 50\%$ y la temperatura máxima de 25% . En Jarabacoa, los factores influyentes fueron la humedad relativa con un $R_2 = 63\%$, la cantidad de días con lluvia con un $R_2 = 54\%$ y la temperatura.

En la zona de Jarabacoa, a una altitud de 1120 msnm, se registraron niveles de incidencia entre 27 y 80%. En esa zona se esperaba que la incidencia fuera menor debido a la altura. En esa zona, la cantidad de lluvia fue mayor, distribuida en menos días, lo que probablemente influyó en un menor lavado de las uredosporas.

Resende *et al* (2011) proyectaron la ocurrencia de la Roya del café, bajo diferentes escenarios climáticos desde 2011 al 2100, estos autores proyectaron que en esos escenarios posibles, una disminución de días favorables para el desarrollo de la enfermedad debido al aumento de la temperatura promedio del aire, sin embargo, hubo un aumento en el número de días con precipitaciones superiores a 30 mm, que posiblemente contribuyeron a la mayor incidencia en los escenarios proyectados, Resende *et al.* (2011).

Para Jarabacoa, el análisis de regresión para la incidencia de la Roya y las variables meteorológicas utilizando el método Stepwise (paso a paso) para Polo resultó en la obtención de los modelos $Y = 246.4 - 8.03 \text{ temp mínima} - 2.23 \text{ temp máxima}$ obtenido con los datos cli-

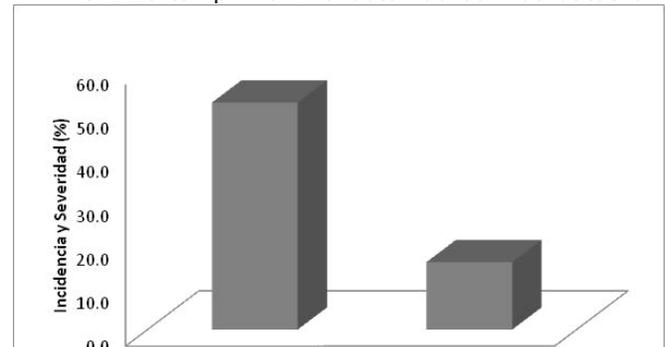


Figura 3. Promedio de incidencia y severidad de la Roya del café en Jarabacoa en el año 2016.

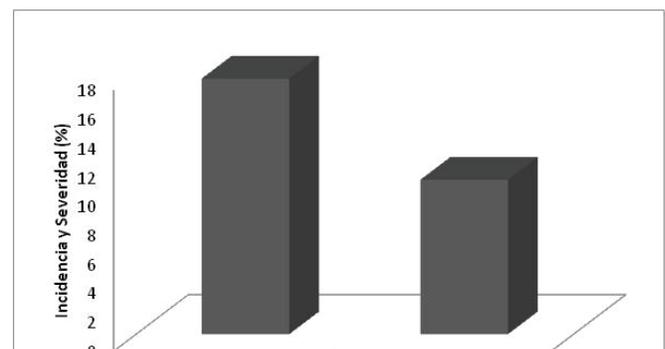


Figura 4. Promedio de incidencia y severidad de la Roya del café en Polo en el año 2016.

máticos registrados dentro de la parcela de investigación, con un R_2 de 83% y el modelo $Y=340.1-6.08 \text{ temp máxima} -7.66 \text{ temp. mínima}$, obtenidos con los datos climáticos de la estación meteorológica de Onamet, con un R_2 de 81%.

En cuanto a la severidad de la enfermedad en la zona de Jarabacoa, desde el inicio de la epidemia en el mes de mayo, el promedio de severidad fue de un 30% de área foliar afectada y en Polo con un 11% del área foliar afectada.

El comportamiento de la severidad, además de las condiciones climatológicas, pudo haber sido influenciado por las características de las fincas bajo estudio. De acuerdo con Avelino (2013), bajo sombra las cargas fructíferas son bajas. La sombra a la vez influye sobre los cambios en la temperatura, humedad del aire y la humedad del suelo y estos a su vez influyen sobre el comportamiento de la enfermedad Roya del café.

Comparación de las epidemias mediante el valor de la tasa de incremento de la enfermedad

La tasa de incremento calculada para períodos de quince días para ambas zonas a partir del mes de mayo, fecha en que inicia la fase de aumento de la epidemia, obtenida por la ecuación logística (Van der Plank 1964) indica que para Jarabacoa el valor de r es igual a 0.17 mientras que para Polo el valor de r es igual a 0.18. Esta tasa de incremento puede ser un indicativo de que, además de la influencia de los factores climáticos, la densidad de inóculo con que inicio el estudio, influye en el progreso de la epidemia en ambas zonas.

Rivillas *et al.* (2014) indican que “*en ausencia de control de la enfermedad y con condiciones climáticas propicias para el desarrollo de la epidemia, la enfermedad se desarrolla a una tasa diaria mayor de 0.19 y que de mantenerse genera efectos negativos sobre la producción en el mismo año*”.

Solo comparando los resultados de estudios epidemiológicos realizados en las zonas de estudio, pueden ayudar a comprender si los cambios en los indicadores biológicos han sido resultado de los cambios climáticos.

En el período 2000-2004, la Roya tuvo un comportamiento similar al obtenido en el 2016 en un estudio realizado en la misma finca, donde los valores de incidencia oscilaron entre 5 y 25%, Pérez (2000), mientras que, en estudios realizado en Jarabacoa, los valores de incidencia oscilaron entre 15 y 30%, de acuerdo con los resultados obtenidos en la zona de Jarabacoa, hubo posiblemente un cambio en el comportamiento de la Roya.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación contribuyen con la actualización del conocimiento de la epidemiología y sus parámetros, ya que las últimas investigaciones fueron realizadas en el periodo 1995-2004

Los registros climáticos, obtenidos de las estaciones climáticas de la Oficina Nacional de Meteorología, podrían ser utilizados para el sistema de alerta para la Roya del café en las zonas de estudio.

El período de incubación promedio de *H. vastatrix* en Jarabacoa fue de 29 días y completó su ciclo biológico en 39 días, mientras que en Polo el período de incubación promedio fue de 27 días y completó su ciclo biológico en 38 días.

En Polo, se obtuvo un modelo para predicción de duración del período de incubación que ha sido incluido en la plataforma de riesgos para café denominada Pergamino para su validación local y un modelo para duración de ciclo biológico, disponible en: <http://142.93.27.89/dashboard/>

La fase de crecimiento lento ocurre entre mayo y abril, con una incidencia de 5% con un progreso rápido desde junio hasta agosto, alcanzando una incidencia de 30% y a partir de aquí se estabiliza la epidemia hasta diciembre para iniciar el descenso en enero. En Jarabacoa, aun con una alta densidad de inóculo con 25% de incidencia, también se inicia en mayo, pero no observa un crecimiento exponencial como en Polo y alcanza una incidencia de 80.

La tasa de incremento para Jarabacoa es de 0.17 y para Polo de 0.18, lo que indica que el progreso diario de la epidemia es similar en ambos casos. Lo que sugiere se debe realizar un análisis más riguroso para determinar el conjunto de factores que influyen en este comportamiento.

Las variables climáticas de mayor influencia fueron la temperatura, el número de días con lluvia, la cantidad de milímetros acumulados y la humedad relativa.

Se esperan resultados más concluyentes con el análisis del comportamiento de la enfermedad durante los tres años (2015-2017) de estudio.

AGRADECIMIENTO

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) por financiar esta investigación; a la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), por ser el canal para la presentación de este proyecto; al Instituto Dominicano del Café (Indocafe) por su colaboración y apoyo logístico; al Sr. Eddy Ramírez por permitirnos desarrollar este estudio durante tres años en su finca de Los Marranitos, Jarabacoa y a los ingenieros Carolina Reyes, Andreina Cuello y Luís Ferreras, quienes formaron parte del equipo técnico de trabajo.

LITERATURA CITADA

Rivas, Avelino. 2013. La Roya anaranjada del cafeto. Versión electrónica n° 1 del 03/12/2013. 47 p. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036/file/>

DGSV. (Dirección Nacional de Vigilancia Fitosanitaria, MX). 2013. Manual Técnico para el Manejo Preventivo de la Roya del café. Dirección Nacional de Vigilancia Fitosanitaria. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <http://www.royacafe.lanref.org.mx/Documentos/Manualtecnicoroya.pdf>

IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, CR). 1977. Contribuciones del IICA al conocimiento de la roya del café. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://books.google.com.do/books?id=umv0Vvkq396EC&pg=PP66&lpg=PP66&dq>

Leguizamón, J.; Orozco, L.; Gómez, L. 1998. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del cafeto en la zona central cafetera de Colombia 1998. *Cenicafé* 49(4): 325-339. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049%2804%29325-339.pdf>

Pérez, Q.; De Paula, M.; Peña, A. 1995. Estudio Epidemiológico de la Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) en el municipio de Jarabacoa, provincia La Vega. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).

Rayner, R. 1961. Germination and penetration studies on Coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.). (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1744-7348.1961.tb03641.x#accessDenialLayout>

Resende, F.; Giarolla, A.; Carnerio, R.; Dasilva, P.; Chan, S.; Kumar, P. 2010. Análise da ocorrência da doença Ferrugem-do-café em algumas regiões de São Paulo utilizando o modelo Eta/CPTEC 40 km-Cenário A1B. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/216443493>

Rivillas, A.; Osorio, C.; Serna, G.; Cristancho, A.; Gaitán, B. 2014. La Roya del Café en Colombia. Impacto y Costos de Control. Boletín Técnico *Cenicafé* No 26. (En Línea). Revisado el 1 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot036.pdf>

