

Selena Georgiou<sup>1</sup>, Pablo Imbach<sup>1</sup>, Francisco Anzueto<sup>2</sup>, Gabriela del Carmen Calderón<sup>2</sup>, and Jacques Avelino<sup>1,3,4</sup>

1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); 2. Asociación nacional del café (ANACAFE); 3. La recherche agronomique pour le développement (CIRAD) 4. PROMECAFE

## 1. Introducción

La roya del café es una enfermedad con impactos significativos en los medios de vida dependientes del sector cafetalero centroamericano. Nuestra investigación se enfoca en la evaluación de los indicadores meteorológicos y climáticos que favorecieron la alta incidencia de la roya del café en América Central en 2012. Realizamos una evaluación de posibles indicadores climáticos y meteorológicos de incidencia de roya durante este periodo basado en registros de temperatura y precipitación de 81 estaciones meteorológicas, de las redes de observación de ANACAFE e INSIVUMEH, en Guatemala. Esta evaluación se basó en correlaciones entre un inventario de incidencia de roya en el 2012 y los datos meteorológicos.

La primera etapa consistió en realizar una interpolación (de los datos de las estaciones) para determinar la meteorología de 1329 fincas de café, en las que se evaluó la incidencia de roya en el 2012, ubicadas a lo largo de las zonas cafetaleras de Guatemala.

Encontramos una correlación positiva entre las temperaturas acumuladas durante la estación húmeda y la gravedad de la incidencia de la roya en estas fincas durante 2012. Los factores considerados para la evaluación de incidencia de la roya del café son: el rango diurno de la temperatura, la altitud, el gradiente térmico del medio ambiente y la fenología. Además, las anomalías entre la temperatura y la precipitación (interpolados de la red de estaciones en el 2012) respecto a su climatología (promedio de largo plazo). Presentamos en este poster los resultados del estudio y el potencial de cada uno de los indicadores meteorológicos y climáticos para evaluar el riesgo por roya y consideraciones para su uso dentro de un sistema de alerta temprana de la roya del café.

## 2. Objetivos

- Evaluar las condiciones meteorológicas y climáticas que favorecieron la alta incidencia de la roya del café en Guatemala en 2012.
- Desarrollar un conjunto de indicadores que relacionan las condiciones climáticas con el potencial para el desarrollo de la roya del café en un lugar determinado.
- Proporcionar recomendaciones para futuras investigaciones que contribuyan de manera útil a las evaluaciones de riesgo de roya y el desarrollo de un sistema de alerta temprana.

## 3. Metodología y resultados

- Los datos de temperatura climatológicas fueron estimados como el promedio de las temperaturas diarias durante el período 1970-2011.
- Los datos diarios de las estaciones meteorológicas fue interpolada de manera que abarquen las fincas utilizando un modelo de elevación digital de 270m
- Las series de tiempo de temperatura diarias derivadas se utilizaron en un análisis de regresión en cada uno de los lugares de las fincas.
- Las temperaturas del aire óptimas para el desarrollo de lesiones roya del café durante la época de lluvias son de 18 a 28 °C y ponderados usando los coeficientes presentados por Nutman y Roberts (1963) que explican cómo el desarrollo de la lesión de roya varía con la temperatura.

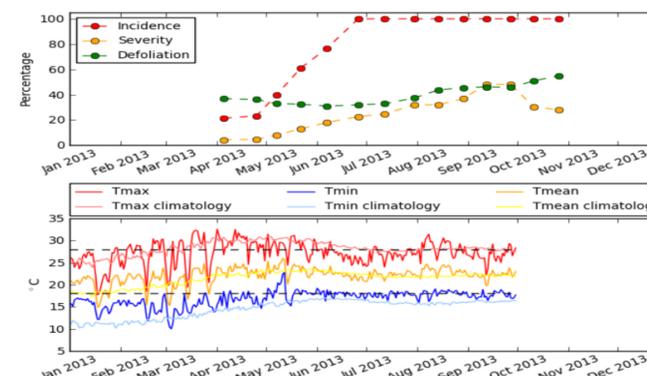
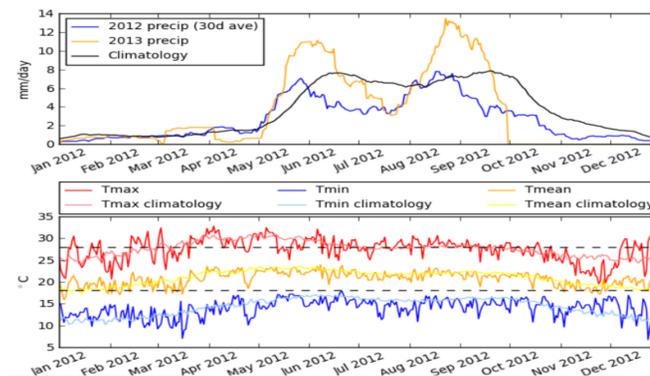


Figura 1. Comparación entre la climatología y la meteorología de la Finca Yaxbatz (altitud de 1107m), con afecciones graves por la roya del café en 2012-2013. Arriba a la izquierda - Precipitación en 2012 y 2013 en comparación con la climatología. Abajo a la izquierda - Perfiles de temperatura mínimo, máximo y media, en 2012, y el rango del umbral de la roya del café (18-28 °C). Arriba a la derecha - Incidencia de la roya del café, en 2013, gravedad del ataque y nivel de defoliación de las hojas. Abajo a la derecha - Perfiles de temperatura mínimo, máximo y media, en 2013, y el rango del umbral de la roya del café (18-28 °C).

año	mes											
	enero	feb.	marzo	abr.	mayo	jun.	jul.	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
2012	26.4	26.9	28.3	29.1	28.1	27.3	27.7	27.5	27.4	26.2	25.2	26.1
2013	25.6	27.3	27.0	29.8	27.7	26.9	27.3	27.3	26.5			
climatología	27.3	28.4	29.9	30.6	29.9	28.3	28.1	28.3	27.9	27.4	27.2	27.0

Tabla 1. Temperatura máxima mensual acumulada, como media de todas las fincas.

año	mes											
	enero	feb.	marzo	abr.	mayo	jun.	jul.	agosto	sept.	oct.	nov.	dic.
2012	14.4	15.2	14.9	16.0	17.6	17.3	16.8	17.0	16.8	16.3	14.2	13.9
2013	15.3	15.2	14.9	17.7	17.8	17.7	17.4	17.3	17.6			
climatología	11.8	12.2	13.6	15.3	16.6	16.9	16.3	16.3	16.5	15.7	14.0	12.5

Tabla 2. Temperatura mínima mensual acumulada, como media de todas las fincas.

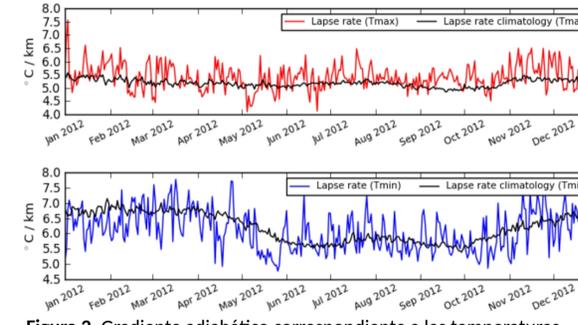


Figura 2. Gradiente adiabático correspondiente a las temperaturas máximas y mínimas para 2012.

Indicador potencial de la roya del café	Descripción
1. Temperatura media acumulada	- acumulación de las temperaturas entre 18 a 28 °C - aplicar un peso de acuerdo con el desarrollo fenológico de las lesiones de la roya del café a diferentes temperaturas. - el uso óptimo de este indicador se encuentra entre las alturas 900 and 1100 metros (según datos de 2012)
2. Gradiente vertical diurna	- las variaciones en este pueden proporcionar información acerca de las condiciones sinópticas y el patrón de precipitación. - Requiere investigación adicional - Evaluar el potencial de vincular este parámetro con la disponibilidad de humedad a la planta.
3. Fecha en la que la acumulación de lluvia se incrementa rápidamente	- en muchos casos, la incidencia de la roya del café sigue de cerca los aumentos en las lluvias, especialmente entre 500 y 700 metros, y reacciona rápidamente a los aumentos en la acumulación de lluvias. - La incidencia de la roya del café es muy alta cuando la temporada de lluvias comienza más temprano que el promedio climatológico. Esto puede proporcionar humedad adicional a las plantas de café por un período de tiempo prolongado.
4. Aumento de la temperatura mínima durante la estación seca, respecto a la climatología	- Anomalías positivas en la temperatura mínima durante la estación seca pueden conducir a una alta incidencia de la roya del café que se observa a principios de la temporada de lluvias. - Aumento de las temperaturas mínimas permiten una mayor acumulación de calor dentro del rango de temperatura óptimo para el desarrollo de la roya del café o para aumentar la susceptibilidad de la planta a la enfermedad.
5. Reducción del rango de temperatura diurna.	- Temperaturas máximas más bajas y temperaturas mínimas más altas en comparación con la climatología conducen a una mayor acumulación de calor en el rango óptimo para el desarrollo de las lesiones de la roya. Este efecto es más prominente a altitudes de cerca de 1,000 m.
6. Umbrales del rango diurno de temperatura	- Durante la temporada seca, la temperatura óptima para el desarrollo de la roya se da cuando el rango de la temperatura diurna se encuentra entre 7 y 8 °C. - Durante el periodo de temporada de lluvias, la temperatura óptima para el desarrollo de la roya se da cuando el rango de la temperatura diurna se encuentra entre 8 y 13 °C.
7. Temperatura media	-- Las temperaturas medias entre 22 y 24.5 °C proporcionan la acumulación de calor óptima para el desarrollo de la roya del café.

## 4. Conclusiones

Las condiciones climáticas en 2012 muestran variaciones considerables respecto a la climatología. En general las temperaturas mínimas diarias en 2012 fueron más altas que la climatología correspondiente, en tanto que las temperaturas máximas fueron en general más bajas que la climatología. El rango de temperatura diurna fue generalmente más baja que la climatología, y como resultado, un mayor número de días en que las temperaturas cayeron dentro del rango óptimo, ya sea para i) influir la susceptibilidad de las plantas de café, ii) para desarrollo de la roya del café durante la estación seca, o iii) para el desarrollo de las lesiones en las hojas del café durante la estación húmeda.

La epidemia de la roya del café de 2012 difiere de brotes anteriores, ya que tuvo un efecto sobre la cosecha en el mismo año. Es más común para la defoliación de la hoja que suceda después de la cosecha, de manera que se observan las mayores pérdidas en el año siguiente. Un análisis de las fincas donde ocurrió la roya severa ha demostrado que en las fincas de poca elevación (500 a 700 metros de altura) la temporada de lluvias comenzó antes de lo habitual. Esto proporcionó la disponibilidad adicional de humedad a las hojas de café, y es probable que sea responsable de la aparición más temprana de la roya del café en algunas fincas. A través de la comparación de los datos meteorológicos de 2012 y climáticos con las series temporales de la incidencia de la roya del café, se infiere que la incidencia sigue de cerca al fuerte aumento en las precipitaciones. En particular, en los casos en que la temporada de lluvias comenzó más temprano, la incidencia de la roya fue muy alta desde el comienzo de la temporada de lluvias (climatológica) y esto podría explicar el impacto en la productividad durante el mismo ciclo de incidencia de la enfermedad.

## 5. Pasos a seguir

- Un análisis más detallado del rango de altitudes en que las variaciones en que cada parámetro tienen un efecto significativo.
- Estudio de la combinación óptima de los indicadores y su dependencia de la altitud.
- Estudio detallado de la anomalías de temperatura, precipitación y la gradiente vertical de temperatura.