



# Ácido oxálico: toxina para seleccionar cultivares resistentes al ojo de gallo del cafeto [*mycena citricolor* (berk. & m.a.curtis) sacc.]

Oxalic acid: toxin for selecting cultivars resistant to coffee leaf rust [*mycena citricolor* (berk. & m.a.curtis) sacc.]

 <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v3.n2.2025.4-14>

Recibido: 15-08-2024

Aceptado: 08-12-2025

Publicado: 31-12-2025

Julio Gabriel-Ortega<sup>1\*</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-9776-9235>

Jessica Jessenia Morán Morán<sup>5</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-6487-1038>

Brithany Dayanna Holguín Vera<sup>2</sup>

 <https://orcid.org/0009-0004-8216-7767>

Kevin David Marcillo González<sup>3</sup>

 <https://orcid.org/0009-0003-6162-1935>

Gema Monserrate Burgos López<sup>4</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-0025-3679>

1. Dr. C. Fundación para la promoción e Investigación de Productos Andinos; Investigador Independiente; Cochabamba, Bolivia.
2. Estudiante egresada de la Carrera Agropecuaria en la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.
3. Estudiante egresado de la Carrera Agropecuaria en la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.
4. Consultora Independiente; Portoviejo, Ecuador.
5. Docente carrera de Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.

Volumen: 3

Número: 2

Año: 2025

Paginación: 4-14

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/agricultura/index.php/ojs/article/view/63>

\*Correspondencia autor: [juliogabrielortega6@gmail.com](mailto:juliogabrielortega6@gmail.com)

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el uso del ácido oxálico para identificar cultivares resistentes al ojo de gallo del caféto (*Mycena citricolor* (Berk. & M.A.Curtis) Sacc.), fue implementado un experimento en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios (BDCA) con 20 tratamientos y 4 repeticiones en el laboratorio de Biotecnología de la UNESUM. Se ubicaron 10 cultivares/bandeja, totalizando 8 bandejas. Se inoculó cada foliolo con tres gotas a cada lado de la nervadura a una concentración de 2,25 g/150 mL de ácido oxálico. Se evaluó el tamaño de lesión (TL) con un vernier en milímetros a partir del tercer día, y se continuó con la lectura diaria, durante seis días. Con los datos de TL se determinó el área bajo la curva de progreso de la lesión relativa (ABCPLr), como una medida relativa en el tiempo. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba múltiple de Duncan ( $P < 0,05$ ), una vez cumplidos los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Asimismo, se determinó la mejor curva de ajuste mediante el coeficiente de regresión ( $R^2$ ). Los resultados determinaron diferentes niveles de resistencia al ácido oxálico. El cultivar Catimor 8666 (4-3), fue el menos afectado por el ácido oxálico (resistente). Los cultivares Catucaí rojo UFV, Sarchimor 4260, Tipica, Catimor CIFC-P1, Caturra amarillo, Acawa, Catucaí-2 SL, Caturra rojo-Pichilinge, Catimor 5607, Catimor 866-23, Catucaí 785-15 y Catimor fueron susceptibles. Los cultivares tolerantes a la infección causada por ácido oxálico fueron: Catimor CIFC-P2, Pache, Castillo, Arara, Catucaí amarillo, Gheisha y Bourbon Amarillo. Se determinó que 15 cultivares se ajustaron a una regresión logarítmica y 5 cultivares a una regresión lineal.

**Palabras clave:** Cultivares de café, Regresión logarítmica, Tamaño de lesión, Área bajo la curva de progreso de la lesión relativa.

## ABSTRACT

With the objective to use of oxalic acid to obtain cultivars resistant to coffee leaf rust (*Mycena citricolor* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc.), an experiment was conducted using a completely randomized block design (CRBD) with 20 treatments and 4 replicates in the Biotechnology Laboratory at UNESUM. Ten cultivars/tray were placed, totaling 8 trays. Each leaflet was inoculated with three drops on each side of the midrib at a concentration of 2.25 g/150 mL of oxalic acid. Lesion size (LS) was evaluated with a vernier caliper in millimeters starting on the third day, and daily readings were continued for six days. The LS data were used to determine the area under the curve of relative lesion progress (AUCRL), as a relative measure over time. Analysis of variance and comparison of means were performed using Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ), once the assumptions of normality and homogeneity of variances had been met. Likewise, the best fit curve was determined using the regression coefficient ( $R^2$ ). The results determined different levels of resistance to oxalic acid. The Catimor 8666 (4-3) cultivar was the least affected by oxalic acid (resistant). The cultivars Catucaí rojo UFV, Sarchimor 4260, Tipica, Catimor CIFC-P1, Caturra amarillo, Acawa, Catucaí-2 SL, Caturra rojo-Pichilinge, Catimor 5607, Catimor 866-23, Catucaí 785-15, and Catimor were susceptible. The cultivars tolerant to infection caused by oxalic acid were: Catimor CIFC-P2, Pache, Castillo, Arara, Catucaí amarillo, Gheisha, and Bourbon amarillo. Fifteen cultivars were found to fit a logarithmic regression and five cultivars a linear regression.

**Keywords:** microorganisms, organoleptics, preserves.



Creative Commons Attribution 4.0  
International (CC BY 4.0)

## Introducción

Los patógenos son los principales factores limitantes en la producción de café. Aproximadamente el 26 % de la producción mundial anual de café se pierde debido a enfermedades, lo que amenaza los ingresos de casi 125 millones de personas en todo el mundo. Por lo tanto, reducir las pérdidas de rendimiento del café mejorando la resistencia de las plantas de café a las enfermedades y los ataques de insectos contribuirá de manera importante a la sostenibilidad agrícola y al control de enfermedades en muchas regiones (Maghuly et al., 2020, López, 2020).

La enfermedad ojo de gallo del cafeto, causada por el hongo basidiomicete *Mycena citricolor* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc. (Agrios, 2005, Granados et al., 2020); puede provocar pérdidas económicas importantes en la producción de café por defoliación y eventual caída de frutos. Se reportó una infección máxima de 54%, luego de períodos muy lluviosos en cafetales ubicados en una zona favorable para la enfermedad, en el norte de Guatemala, por ejemplo; se estimó que con ese porcentaje de enfermedad se produjeron pérdidas de 56% de la producción (Avelino et al., 2018). En Costa Rica se reportó el ojo de gallo desde 1876 (Granados et al., 2020). Se presentan ataques cíclicos, aproximadamente cada catorce años, relacionados con el aumento de las precipitaciones y el inóculo (Borbón, 1999).

En el año 2010 se presentó la última epidemia importante de ojo de gallo en café, para esa ocasión se contabilizó una disminución del 12% (alrededor de 71 400 000 kg) de la cosecha estimada para el año productivo (2010-2011), lo que significó una pérdida de alrededor de \$60 millones USD (Barquero, 2010a; 2010b). Las zonas más afectadas fueron el Valle Central y la zona de Tarrazú, también llamada zona de Los Santos. Entre 1995 y 1998, el ojo de gallo afectó alrededor de 3000 ha de cultivo, de las cuales 800 ha se ubicaban en la zona de Los Santos (Borbón, 1999). De acuerdo con la comisión

técnica consultiva nacional del fenómeno ENOS del Instituto Meteorológico Nacional (COENOS, 2010) las condiciones climáticas de los años 1995, 1998 y 2010, fueron análogas y correspondieron con años de transición de los fenómenos del Niño y la Niña.

El mayor efecto del ojo de gallo es la caída prematura de hojas (Guerra, 2004; Barquero, 2007); esto produce una capa de hojarasca fresca constituida de follaje enfermo desprendido. Existe una correlación altamente significativa (76 %) entre el índice de infección y el de defoliación (Granados et al., 2020). Tanto la fase asexual (cuerpos geminíferos) como la sexual (basidiocarpos) de *M. citricolor*, han sido observados en hojas de diferentes especies vegetales caídas y en descomposición sobre el suelo, tanto en el bosque como en cultivos de café.

Castro et al. (2024), reportaron que, en el Sur de Manabí, la enfermedad del ojo de gallo se presenta con una intensidad en hojas, con valores entre 10.31 % y 21.30 % de daño y en plantas entre 21.00 % y 40.00 % de daño en los cultivares de café Catuai amarillo, Bourbon amarillo, Caturra amarillo T-3386 y Caturra rojo Pichilingue. Esta enfermedad presente en hojas y plantas tiene mayor intensidad entre los 60 y 90 días de evaluación (septiembre - octubre).

Para seleccionar material resistente al ojo de gallo del cafeto, es posible inocular el patógeno en plantas, lo cual no siempre es conveniente, por lo que se ha visto la ventaja de utilizar la toxina ácido oxálico, que es sintetizado por las gemas del patógeno al entrar en contacto con la superficie de la hoja (SENASICA, 2014).

Se sabe que *Mycena citricolor* sintetiza toxinas como el ácido oxálico y oxalatos, que son metabolitos secundarios secretados al entorno por hongos, bacterias y plantas. Los oxalatos están relacionados con diversos procesos que tienen lugar en el suelo, como la disponibilidad de nutrientes, la meteorización de minerales o la precipitación de oxalatos metálicos. Los oxalatos también

se mencionan entre los compuestos de bajo peso molecular que participan indirectamente en la degradación del complejo lignocelulósico por hongos, considerados los degradadores más eficaces de la madera (Gadd, 1999, Graz, 2024).

Rao y Tewari (1987), observaron que se desarrollaron lesiones necróticas similares a las provocadas por *M. citricolor* cuando se colocaron gotas de soluciones de ácido oxálico sobre hojas de café. En el cultivo de *M. citricolor* en laboratorio, se observó incrementos en los niveles de ácido oxálico siguieron la curva de crecimiento del hongo. Estos resultados sugieren un papel clave del ácido oxálico en la patogénesis de *M. citricolor*, y la demostración de la formación de oxalato cálcico, lo que ocasiona un desbalance del calcio en los tejidos del huésped. El ácido oxálico, al reducir el pH, estimula los sistemas de indolacético-oxidasa y enzimas macerantes, lo que provoca la desintegración de los tejidos y la caída (Rao & Tewari, 1987).

La regulación activa de la concentración de ácido oxálico está relacionada con las acti-

vidades enzimáticas; por lo tanto, también se ha presentado la bioquímica de la biosíntesis microbiana y la degradación del ácido oxálico (Gadd, 1999, Graz, 2024).

Por lo mencionado, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso del ácido oxálico para identificar cultivares resistentes al ojo de gallo del café [*Mycena citricolor* (Berk & M.A.Curtis) Sacc.].

Materiales y métodos

Ubicación geográfica

La investigación fue realizada en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), en los Ángeles, Jipijapa, Manabí. Ubicada a 1°21'10.14" de latitud Sur y 80°33'50.40" de longitud Oeste, a una altitud que varía entre 230 y 313 metros sobre el nivel del mar (Gabriel et al., 2024).

Tratamientos

Los tratamientos fueron 20 cultivares de café del programa de mejoramiento genético de café de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (Tabla 1).

Tabla 1. Cultivares de café utilizadas en la investigación

| Tratamiento | Cultivares                |
|-------------|---------------------------|
| T1          | Catimor 8666 (4-3).       |
| T2          | Catuai rojo UFV           |
| T3          | Gheisha                   |
| T4          | Bourbon amarillo          |
| T5          | Caturra amarillo T-3386   |
| T6          | Catimor CIFC-P2           |
| T7          | Catimor CIFC-P1           |
| T8          | Castillo                  |
| T9          | Arara                     |
| T10         | Pache                     |
| T11         | Acawa                     |
| T12         | Catimor CIFC-P3           |
| T13         | Catucai Amarillo –2 SL    |
| T14         | Catimor UFV-5607          |
| T15         | Caturra rojo- Pichilingue |
| T16         | Catimor 8664 (2-3)        |
| T17         | Catucai Amarillo          |
| T18         | Sarchimor 4260            |
| T19         | Tipica                    |
| T20         | Catucai Rojo 785-15       |

## Manejo del experimento

Se determinó la concentración adecuada de ácido oxálico, según las recomendaciones de Rao (1987), obteniéndose la concentración de 2,25 g/150 mL de agua destilada. Esta dosis se aplicó a hojas sueltas que fueron distribuidas en cámaras húmedas de 30 x 40 cm con papel toalla humedecido con agua destilada. En cada cámara húmeda se pusieron 10 hojas y se aplicaron tres gotas del ácido oxálico a cada lado de la nervadura. Se usaron 8 cámaras húmedas.

Las bandejas fueron ordenadas sobre mesones del laboratorio de Biotecnología, identificando cada tratamiento apropiadamente. Las lecturas del tamaño (TL) de lesión se iniciaron a las 36 horas después de la inoculación, y se continuaron diariamente durante seis días. Para medir el TL en milímetros, se utilizó un vernier. Las lecturas del TL fueron registradas en una base de datos en Excel y luego analizadas con el software infostat.

## Diseño experimental

El experimento fue implementado en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios (DBCA) con 20 cultivares (tratamientos) y 4 repeticiones (Gabriel et al., 2022). Se usaron 8 cámaras húmedas y se bloqueó el efecto del tiempo de implementación del experimento.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: tamaño de lesión (mm) (TL) y Área Bajo la Curva de Progreso de la Lesión relativa (%) (ABCPLr). Esta variable se determinó en función del TL, como una medida que relaciona el TL con tiempo, y se expresó en porcentaje (Gabriel et al., 2017). Se hizo un análisis de regresión entre el TL y el tiempo, para determinar el coeficiente de regresión ( $R^2$ ), y así estimar la mejor curva de ajuste.

## Análisis estadísticos

Luego de que las variables se verificaron que cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y en

base del modelo definido se realizó análisis de varianza (ANVA) para probar hipótesis acerca de los efectos fijos, así como comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ). El análisis de varianza también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Los análisis se realizaron con el software Infostat (Infostat, 2020).

## Análisis de normalidad

El análisis de normalidad para las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) no fue significativo, lo que se sugirió que las variables tuvieron distribución normal. Asimismo, se determinó a través de la prueba de Levene ( $P < 0,05$ ) que no hubo diferencias significativas entre las varianzas, denotado que hubo homogeneidad de varianzas. Esto sugirió la continuidad de los análisis del ANVA y de medias mediante la prueba múltiple de Duncan ( $P < 0,05$ ).

## Resultados

### Análisis del ABCPLr

Se observó en el análisis de varianza para Área Bajo la Curva de Progreso de la Lesión relativa (ABCPLr), que hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para los cultivares evaluados y el coeficiente de variación (CV) fue de 19,23%, apropiado para este tipo de investigación (Tabla 2).

## Tabla 2.

### Análisis de varianza del ABCPLr

| F.V.     | GI    | SC     | CM   | F    | p-valor |
|----------|-------|--------|------|------|---------|
| Modelo   | 22    | 182,49 | 8,3  | 3,84 | <0,0001 |
| Rep      | 3     | 15,67  | 5,22 | 2,42 | 0,0756  |
| Cultivar | 19    | 166,82 | 8,78 | 4,07 | <0,0001 |
| Error    | 56    | 120,86 | 2,16 |      |         |
| Total    | 78    | 303,35 |      |      |         |
| CV (%)   | 19,23 |        |      |      |         |

En la Tabla 3, se observa el análisis de medias con la prueba múltiple de Duncan ( $P < 0,05$ ). Se denotaron diferentes niveles de resistencia al ácido oxálico [sintetizado por el hongo del ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*)], observándose diferencias significativas para la variable ABCPLr, donde el mejor tratamiento fue para el cultivar Catimor 8666 (4-3) con ABCPLr de 5,01%.

Los cultivares Catucaí rojo UFV, Sarchimor 4260, Tipica, Catimor CIFC-P1, Caturra

amarillo, Acawa, Catucaí-2 SL, Caturra rojo-Pichilinge, Catimor 5607, Catimor 866-23, Catucaí 785-15 y Catimor fueron susceptible con ABCPLr entre 7,46% a 9,94%.

Los cultivares tolerantes a la infección causada por ácido oxálico fueron los cultivares Catimor CIFC-P2, Pache, Castillo, Arara, Catucaí amarillo, Gheisha y Bourbon Amarillo con porcentajes de ABCPLr de 5,60% a 6,86% respectivamente (Tabla 3)

## Tabla 3.

### Análisis de medias para el ABCPLr de cada cultivar.

| Cultivar                | ABCPLr(%) |      |
|-------------------------|-----------|------|
| Catimor 8666 (4-3)      | 5,01      | a    |
| Catimor CIFC-P2         | 5,60      | ab   |
| Pache                   | 5,96      | abc  |
| Castillo                | 6,08      | abc  |
| Arara                   | 6,60      | abcd |
| Catucaí amarillo        | 6,72      | abcd |
| Gheisha                 | 6,82      | abcd |
| Bourbon Amarillo        | 6,86      | abcd |
| Catucaí rojo UFV        | 7,46      | bcde |
| Sarchimor 4260          | 7,62      | bcde |
| Tipica                  | 7,64      | cde  |
| Catimor CIFC-P1         | 7,76      | de   |
| Caturra amarillo        | 7,87      | e    |
| Acawa                   | 8,23      | e    |
| Catucaí 25L             | 8,70      | e    |
| Caturra rojo-Pichilinge | 9,37      | e    |
| Catimor 5607            | 9,55      | e    |
| Catimor 8664 (2-3)      | 9,70      | e    |
| Catucaí 785-15          | 9,81      | e    |
| Catimor                 | 9,94      | e    |

Medias con las mismas letras no son significativos ( $P < 0,05$ )

Análisis de regresión

En la Tabla 4 y Figura 1, se observa que los cultivares Acawa ( $R^2 = 0,98$ ), Catimor ( $R^2 = 0,97$ ), Catimor 5607 ( $R^2 = 0,94$ ), Catimor 8664 (2-3), Catuaí 785-15 ( $R^2 = 0,95$ ), Catuai 2-SL ( $R^2 = 0,99$ ), Caturra rojo ( $R^2 = 0,98$ ), Sarchimor 4260 ( $R^2 = 0,98$ ), Tipica, Arara ( $R^2 = 0,99$ ), Bourbon Amarillo ( $R^2 = 0,99$ ), Castillo ( $R^2 = 0,98$ ), Catimor 8666

(4-3) ( $R^2 = 0,96$ ), Catimor CIFC-P1 ( $R^2 = 0,96$ ), Catucaí rojo UFV ( $R^2 = 0,96$ ), Caturra amarillo ( $R^2 = 0,97$ ) y Gheisha ( $R^2 = 0,97$ ), tuvieron una curva de ajuste de regresión logarítmica. En cambio, los cultivares Catimor CIFC-P2 ( $R^2 = 0,82$ ), Catucaí amarillo ( $R^2 = 0,89$ ) y Pache ( $R^2 = 0,67$ ) mostraron un mejor ajuste lineal.

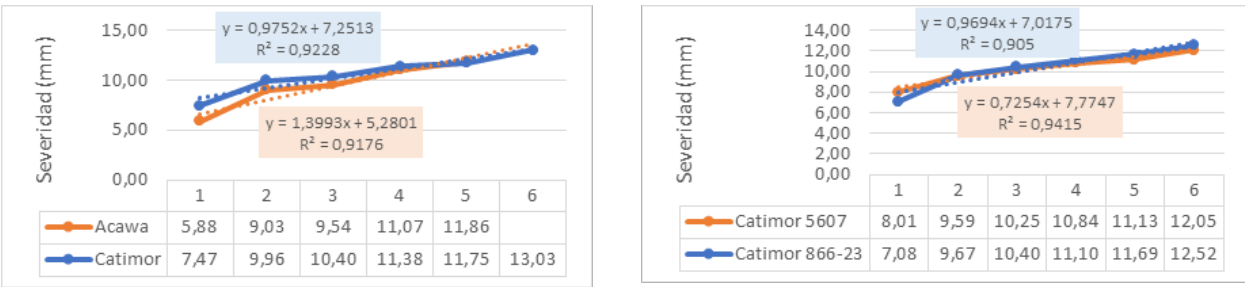
**Tabla 4.**

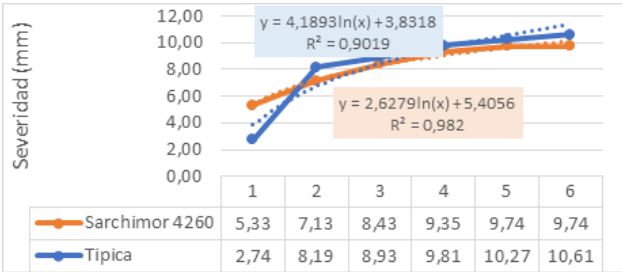
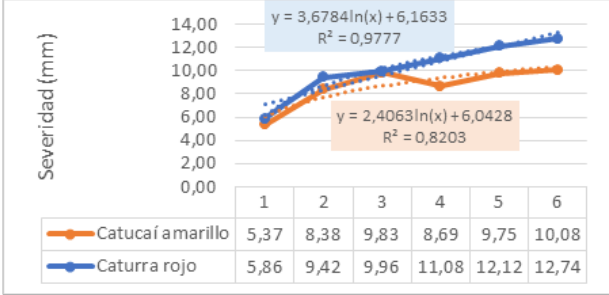
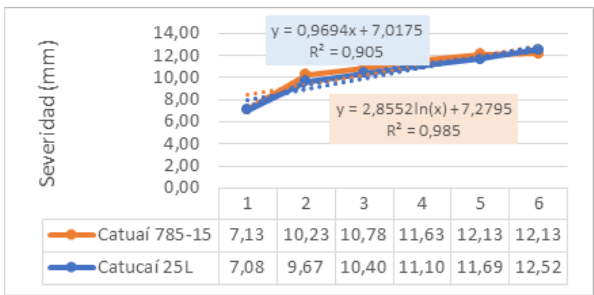
*Coefficiente de regresión ( $R^2$ ) para el mejor ajuste de la curva de desarrollo del TL en el tiempo*

| Cultivar                 | Coefficiente $R^2$ de una curva lineal | Coefficiente $R^2$ de una curva logarítmica |
|--------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| Acawa                    | 0,92                                   | 0,98                                        |
| Arara                    | 0,92                                   | 0,99                                        |
| Bourbon Amarillo         | 0,90                                   | 0,99                                        |
| Castillo                 | 0,87                                   | 0,98                                        |
| Catimor                  | 0,92                                   | 0,97                                        |
| Catimor 5607             | 0,94                                   | 0,94                                        |
| Catimor 8666 (4-3)       | 0,90                                   | 0,99                                        |
| Catimor 8664 (2-3)       | 0,81                                   | 0,96                                        |
| Catimor CIFC-P1          | 0,85                                   | 0,96                                        |
| Catimor CIFC-P2          | 0,82                                   | 0,72                                        |
| Catuaí 785-15            | 0,79                                   | 0,95                                        |
| Catucaí 25L              | 0,90                                   | 0,99                                        |
| Catucaí amarillo         | 0,89                                   | 0,82                                        |
| Catucaí rojo UFV         | 0,83                                   | 0,96                                        |
| Caturra amarillo         | 0,86                                   | 0,97                                        |
| Caturra rojo-Pichilingue | 0,64                                   | 0,98                                        |
| Gheisha                  | 0,87                                   | 0,97                                        |
| Pache                    | 0,67                                   | 0,59                                        |
| Sarchimor 4260           | 0,88                                   | 0,98                                        |
| Tipica                   | 0,72                                   | 0,90                                        |

**Figura 1.**

*Curvas de ajuste de regresión de cultivares de café inoculados con ácido oxálico*





Discusión

Se denotaron diferentes niveles de resistencia al ácido oxálico (sintetizado por el hongo del ojo de gallo del café (*Mycena citricolor*)). Determinamos que el cultivar Catimor 8666 (4-3), fue el menos afectado por el ácido oxálico (resistente). Los cultivares Catucaí rojo UFV, Sarchimor 4260, Tipica, Catimor CIFC-P1, Caturra amarillo, Acawa, Catucaí-2 SL, Caturra rojo-Pichilinge, Catimor 5607, Catimor 8664 (2-3), Catuaí 785-15 y Catimor fueron susceptibles. Los cultivares tolerantes a la infección causada por ácido oxálico fueron los cultivares Catimor CIFC-P2, Pache, Castillo, Arara, Catucaí amarillo, Gheisha y Bourbon Amarillo (Gabriel et al., 2026). Al respecto Castro et al. (2024) en estos mismos cultivares en campo determinaros que la enfermedad ojo de gallo mostró mayor daño en hoja con valores entre 10,31 % y 21,30 % y en las plantas entre 21 % y 40 % de daño en los cultivares Catuai amarillo, Bourbon amarillo, Caturra amarillo T-3386 y Caturra rojo-Pichilingue. Resultados contrarios a los encontrados en nuestra investigación.

Castro et al., (2024), determinaron que el progenitor Bourbon amarillo fue la más susceptible a *Mycena citricolor*, y en nuestro caso determinamos que este progenitor

tuvo una resistencia moderada. Esta es una contradicción posiblemente, debido a que, en el laboratorio, no hubo el efecto ambiental. Se sabe que *Mycena citricolor* se desarrolla en ambientes con alto grado de humedad y temperaturas frescas, afectando principalmente hojas y frutos, lo cual origina su caída (Avelino et al., 2018).

El impacto económico causado por esta enfermedad es diverso en las diferentes zonas cafetaleras en Latinoamérica. En Puerto Rico se han estimado pérdidas de hasta un 75 %, en Costa Rica se han visto afectadas hasta un 15 % del total de hectáreas sembradas con café y en Guatemala se reporta una incidencia del 49% de esta enfermedad (Vidal et al., 2021). En Honduras los cultivares de café arábigo más tolerantes al ojo de gallo fueron Típica, Bourbon, Catuai, Pacas y Caturra; y las más susceptibles IHCAFE 90, Lempira, Parainema, otros Catimores y Sarchimores (Yizard, 2018).

El ácido oxálico y los oxalatos son metabolitos secundarios secretados al ambiente circundante por hongos, bacterias y plantas. Los oxalatos están vinculados a una variedad de procesos en el suelo, por ejemplo, la disponibilidad de nutrientes, la meteorización de minerales o la precipitación de oxalatos metálicos (Graz, 2024).

El mecanismo exacto del desarrollo de la infección de *Mycena citricolor* no está claro (SENASICA, 2014); sin embargo, se considera que la estructura de difusión del hongo libera hacia la lámina foliar ácido oxálico que cambia el pH e induce producción de enzimas que degradan las paredes celulares. Una vez establecido el hongo dentro de la planta, posiblemente utiliza el metabolismo de la misma para alimentarse, degradando la energía metabólica contenida en los carbohidratos de reserva, como sucede con otros hongos (Vargas, 1984, Foster et al., 2003; Barquero, 2011). En nuestro estudio aplicamos el ácido oxálico, que es un metabolito secundario secretado por *Mycena citricolor* para destruir el tejido celular de las hojas (Rao & Tewari, 1987).

Respecto al comportamiento de los cultivos a la infección y desarrollo de la lesión en las hojas de café por acción del ácido oxálico, observamos respuestas diferenciadas, los genotipos, en todos los casos analizados, tuvieron una curva de ajuste logarítmica. Al respecto, se sabe que el ojo de gallo es más dependiente de la cantidad de inóculo primario que de la tasa de infección ( $r$ ), lo que supone que la implementación de estrategias de manejo que consigan reducir el nivel de inóculo inicial lograría retrasar considerablemente el desarrollo de la epidemia (Wang y Arauz, 1999), por ende, disminuir las pérdidas productivas y económicas. Este valor ( $r$ ) significa un aumento en la cantidad de inóculo o de enfermedad (incidencia o severidad), puede ser calculado por días, semanas o años; en general, el valor de  $r$  para las enfermedades de ciclo múltiple es mayor que la  $r$  ( $r_m$ ) de enfermedades monocíclicas (Agrios, 2005).

Con este valor se puede comparar entre epidemias, por ejemplo, desarrolladas en varios años o en diferentes condiciones; también permite comparar y relacionar entre los diferentes elementos y etapas de una epidemia, tales como inóculo primario, liberación de esporas, período latente, período infeccioso y otros (Achicanoy, 2000).

Puede ser considerado como una medida del riesgo de una enfermedad y es uno de los tres parámetros epidemiológicos claves para desarrollar estrategias de manejo; los otros son la cantidad de inóculo inicial ( $y_0$ ) y el tiempo ( $t$ ) en que el patógeno y el hospedero interactúan. El valor de  $r$  en enfermedades de varios ciclos es el que tiene mayor importancia para establecer pautas de manejo que logren reducir la enfermedad de manera agroecológica y económicamente sostenible (Nutter, 2007). Si la tasa de infección aparente es baja, la reducción en el nivel de enfermedad inicial retarda el desarrollo de la enfermedad (Arauz, 2011). Granados et al. (2020), determinaron que la enfermedad tuvo un desarrollo crecimiento logístico de las epidemias con mejor ajuste. Esto nos está indicando, que el desarrollo de la enfermedad depende de varios factores (inóculo primario, liberación de esporas, período latente, período infeccioso y otros) y que es una enfermedad policíclica.

## Conclusiones

Se denotaron diferentes niveles de resistencia al ácido oxálico. El cultivar Catimor 8666 (4-3), fue el menos afectado por el ácido oxálico (resistente). Los cultivares Catucaí rojo UFV, Sarchimor 4260, Tipica, Catimor CIFC-P1, Caturra amarillo, Acawa, Catucaí-2 SL, Caturra rojo-Pichilinge, Catimor 5607, Catimor 8664 (2-3), Catuaí 785-15 y Catimor, fueron susceptibles. Los cultivares tolerantes a la infección causada por el ácido oxálico fueron los cultivares Catimor CIFC-P2, Pache, Castillo, Arara, Catucaí amarillo, Gheisha y Bourbon Amarillo.

Se determinó que 15 cultivares se ajustaron a una regresión logarítmica y 5 cultivares a una regresión lineal.

## Bibliografía

- Achicanoy, H. (2000). Descripción cuantitativa de las epidemias de las plantas. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 53(1), 941-968.
- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology (5.<sup>a</sup> ed.). Academic Press.

- Arauz, L. F. (2011). Fitopatología: Un enfoque agroecológico (2.<sup>a</sup> ed.). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Avelino, J., Allinne, C., Cerda, R., Willocquet, L., y Savary, S. (2018). Multiple-disease system in coffee: From crop loss assessment to sustainable management. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 611-635. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-050117>
- Barquero, M. (2007). Algunas consideraciones sobre el ojo de gallo. *Revista Informativa Icafe*, 1, 11-15.
- Barquero, M. (2010a, 12 de julio). Más de 75.000 fanegas de café se perdieron por 'ojo de gallo'. *La Nación*. <https://www.nacion.com/economia/mas-de-75-000-fanegas-de-cafe-se-perdieron-por-ojo-de-gallo/N6HUXV5ALZBBTPJQLCBEIFZ3V4/story/>
- Barquero, M. (2010b, 24 de noviembre). Cafetaleros perdieron 12% de cosecha por lluvia y plagas. *La Nación*. <https://www.nacion.com/economia/cafetaleros-perdieron-12-de-cosecha-por-lluvia-y-plagas/6NKK6NCILRDDXESMW5P-N7PURJY/story/>
- Barquero, M. (2011). Algunas consideraciones sobre el ojo de gallo. *Revista Informativa del Icafe*, 11-15. [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/revista\\_informativa/Revista-I-Sem-11.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/revista_informativa/Revista-I-Sem-11.pdf)
- Borbón, O. (1999). Consideraciones sobre la problemática del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en Costa Rica. En *Colegio de Ingenieros Agrónomos (Eds.), Memoria XI Congreso Agronómico / IV Congreso Nacional de Fitopatología* (pp. 21-25). Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.
- Castro, C., García, M., Ayón, F., Narváez, W., González, M., y Hoppe, C. (2024). Determinación de la incidencia de tres enfermedades foliares en 20 cultivares de café arábigo (*Coffea arabica* L.). *Conocimiento Global*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9i2.380>
- COENOS (Comisión Técnica Consultiva Nacional del Fenómeno ENOS). (2010). Posible fenómeno de La Niña. *Boletín del ENOS*, 33, 1-6.
- Foster, A. J., Jenkinson, J. M., y Talbot, N. J. (2003). Trehalose synthesis and metabolism are required at different stages of plant infection by *Magnaporthe grisea*. *The EMBO Journal*, 22(2), 225-235. <https://doi.org/10.1093/emboj/cdg018>
- Gabriel, J., Gutiérrez, J., Burgos, G., Flores, H., y Morán, J. (2026). Mejoramiento genético de café (*Coffea arabica* L.) para la zona Sur de Manabí [Manuscrito en preparación]. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Gabriel, J., Merchán, L., Lagos, J., Fuentes, T., Morán, J., y Burgos, G. (2024). Caracterización morfológica del tomate silvestre (*Solanum* sp.) en predios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. *Centrosur Agraria*, 1(23). <https://doi.org/10.37959/revista.v1i23.274>
- Gabriel, J., Ortuño, N., Vera, M., Castro, C., Narváez, W., y Manobanda, M. (2017). Manual para evaluación de daños de enfermedades en cultivos agrícolas. Grupo COMPAS; Universidad Estatal del Sur de Manabí. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2093/1/MANUAL%20PARA%20EVALUACION.pdf>
- Gabriel, J., Valverde, A., Indacochea, B., Castro, C., Vera, M., Alcívar, J., y Vera, R. (2022). Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Mawil Publicaciones. <https://doi.org/10.26820/978-9942-602-26-8>
- Gadd, G. M. (1999). Fungal production of citric and oxalic acid: Importance in metal speciation, physiology and biogeochemical processes. *Advances in Microbial Physiology*, 41, 47-92. [https://doi.org/10.1016/s0065-2911\(08\)60165-4](https://doi.org/10.1016/s0065-2911(08)60165-4)
- Granados, M. M., Avelino, J., Arauz, F., Castro, S., y Ureña, N. (2020). Leaf litter and *Mycena citricolor* inoculum on the American leaf spot epidemic. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 77-94. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614>
- Graz, M. (2024). Role of oxalic acid in fungal and bacterial metabolism and its biotechnological potential. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(6), Artículo 178. <https://doi.org/10.1007/s11274-024-03973-5>
- Guerra, B. (2004). Experiencias del manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca de pequeños caficultores en la aldea La Montaña, Moyuta, Jutiapa [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- InfoStat. (2020). InfoStat software estadístico (Versión 2020) [Software de computación]. Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>
- López, N. (2020). Manual de café: Buenas prácticas productivas y ambientales, usando hongos entomopatógenos para el control de plagas y enfermedades. Amigos de la Tierra España; AECID.
- Maghuly, F., Jankowicz-Cieslak, J., y Bado, S. (2020). Improving coffee species for pathogen resistance. *CABI Reviews*. <https://doi.org/10.1079/PAVS-NNR202015009>

- Nutter, F. W. (2007). The role of plant disease epidemiology in developing successful integrated disease management programs. En A. Ciancio y K. G. Mukerji (Eds.), *General Concepts in Integrated Pest and Disease Management* (pp. 45-79). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8_3)
- Rao, D. V., y Tewari, J. P. (1987). Production of oxalic acid by *Mycena citricolor*, causal agent of the American leaf spot of coffee. *Phytopathology*, 77(8), 780-785. <https://doi.org/10.1094/Phyto-77-780>
- SENASICA. (2014). Ojo de gallo *Mycena citricolor* (Berkeley & Curtis) (Ficha Técnica No. 49). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Ojo%20de%20gallo.pdf>
- Vargas, E. (1984). Interacción de tratamiento biológico y químico en el combate del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cafeto. *Agronomía Costarricense*, 8(2), 91-97. [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v08n02\\_091.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v08n02_091.pdf)
- Vidal, N., Rosalba, D., Sánchez, J., Chiquito, R., González, D., y Sánchez, G. (2021). Microorganismos antagonistas: Una alternativa para el control biológico de enfermedades. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 117(3), 214-226. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.033>
- Wang, A., y Arauz, L. F. (1999). Aplicación de principios epidemiológicos para el combate de ojo de gallo en cafeto. En Colegio de Ingenieros Agrónomos (Eds.), *Memoria XI Congreso Agronómico / IV Congreso Nacional de Fitopatología* (pp. 9-12). Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.
- Yizard, C. (2018). Enfermedades de importancia económica del café. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

**Cómo citar:** Gabriel Ortega, J., Holguín Vera, B. D., Marcillo González, K. D., Burgos López, G. M., & Morán Morán, J. J. (2025). Ácido oxálico: toxina para seleccionar cultivares resistentes al ojo de gallo del cafeto [*mycena citricolor* (berk. & m.a.curtis) sacc.]. *Agrosilvicultura Y Medioambiente*, 3(2), 4-14. <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v3.n2.2025.4-14>