IVES Technical Reviews
viña & vino

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2022.7176

Posible reducción en las aplicaciones de fungicidas sintéticos usando el umbral de vigor de NDVI como indicador de riesgo temprano de la podredumbre gris causada por *Botrytis cinerea* en viñedos

Marc Fermaud[1], Carolina Pañitrur-De la Fuente[2], Jean Roudet[1], Nicolás Verdugo-Vásquez[2], Mario Herrera Défaz[5], Jean Pascal Goutouly[3,4], César Acevedo-Opazo[6], Héctor Valdés-Gómez[5]

1 Inrae, UMR Save, Bordeaux Science Agro, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France
2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro de Investigación Intihuasi, Colina San Joaquín s/n, PO Box 36-B, La Serena, Chile
3 Inrae, UMR EGFV, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France
4 Inrae, UEVB, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France
5 Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Fruticultura y Enología, Santiago, Chile
6 Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2 norte 685, Talca, Chile

La podredumbre gris (PG) causada por *B. cinerea* es una enfermedad importante que afecta a viñedos de todo el mundo. El control de la enfermedad todavía está basado en gran medida en aplicaciones de fungicidas sintéticos en intervalos predeterminados. Esto frecuentemente conduce a la presencia de residuos tóxicos en uvas y vinos que pueden afectar al medio ambiente y/o a la salud humana. Para racionalizar el manejo de la PG, se desarrollaron indicadores de riesgo temprano de la enfermedad, que fueron evaluados en experimentos de campo realizados entre los años 2010 y 2019 en Francia y Chile.

Para desarrollar herramientas de decisión para los productores, los indicadores tempranos y predictivos de riesgo epidémico son claves para optimizar las aplicaciones profilácticas, fitosanitarias y/o de biocontrol. En los viñedos, la PG causada por *B. cinerea*, es una enfermedad muy grave, con un ciclo complejo extremadamente multifactorial. Entre los diversos factores que influyen en el desarrollo de esta enfermedad, el presente estudio permitió enfocarnos en dos de los principales, los cuales son de gran interés debido a que son tempranos y predictivos del riesgo epidémico. Este enfoque se justifica también por nuestros resultados convergentes y consistentes en dos grandes países productores de vino (Francia y Chile). Estos dos países tienen las condiciones pedoclimáticas con más contraste del mundo. El estudio presenta no sólo la elección de estos indicadores tempranos, sino también una forma práctica de medirlos en el viñedo, con un especial énfasis en la fase precisa en la cual aplicar estas mediciones de agricultura de precisión[1]. Se evaluaron tres indicadores de riesgo temprano: i) uno relacionado con la composición de pectinas y taninos en la piel de las bayas, ii) otro relacionado con el vigor temprano de la vid estimado por el índice NDVI, y iii) un tercero que combina esta información con datos meteorológicos.

Los experimentos[2] se realizaron en dos viñedos con el cultivar Merlot. El primer viñedo, localizado en la Región de Nouvelle Aquitaine (Francia), en el sitio 'Grande Ferrade' (Villenave d'Ornon). El segundo viñedo, en el que también se incluyó un ensayo con el cultivar Sauvignon Blanc, ubicado en Panguilemo, Región del Maule (Chile). Sauvignon Blanc es un cultivar altamente susceptible a *B. cinerea*, por lo que se incluyó en este estudio para expresar los síntomas de la PG en las condiciones climáticas chilenas, que son menos favorables para el desarrollo de la enfermedad[2]. El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) se midió usando un GreenSeeker® RT-100 de mano (Trimble Agriculture division, Sunnyvale, California, EE. UU.), de acuerdo con lo descrito por Drissi *et al.* (2009)[1].

Relaciones entre los componentes de la piel de las bayas y la intensidad de PG en la cosecha

Correlaciones significativas entre la susceptibilidad de la vid a la PG y el contenido fenólico en la piel de las bayas, ya han sido establecidas, pero solo a nivel de laboratorio[3,4,5]. Durante este estudio[1], se observaron relaciones positivas entre el contenido de pectina en la piel de las bayas, y la incidencia y severidad de la PG a la cosecha (Figura 1 a,c). Además, se establecieron relaciones negativas entre el contenido de taninos y la incidencia y severidad de la enfermedad a la cosecha (Figura 1 b,d). Todas las correlaciones incluyen datos agrupados de Francia y Chile, y fueron significativas (p = 0,05), excepto por la relación entre el contenido de pectina y la incidencia de PG.

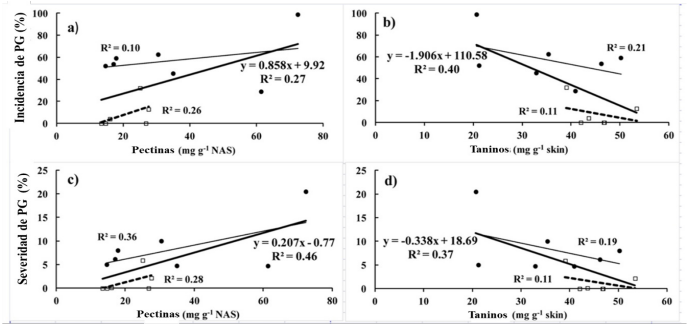


FIGURA 1. Relaciones entre la Incidencia de PG (%) con la concentración en la piel de bayas de (a) pectinas y (b) taninos. Relaciones entre la Severidad de PG (%) con la concentración en la piel de bayas joven de (c) pectinas y (d) taninos. En Francia (●) se usó el cv. Merlot y en Chile (□) se usó el cv. Merlot o Sauvignon Blanc. Cada punto corresponde a una temporada de estudio. La línea negra del medio indica la relación de todos los datos (Francia y Chile).

Relaciones entre el crecimiento vegetativo y la intensidad de PG a la cosecha

El vigor vegetativo de la vid se evaluó al principio de la temporada, aproximadamente en la etapa de baya tamaño de guisante/arveja. Bajo las condiciones del ensayo, esto correspondió a aproximadamente 40 días antes del envero. Desde un punto de vista práctico, un indicador temprano es una condición muy importante, que permite a los productores utilizar mediciones de NDVI de bajo costo como una estrategia de manejo para el control de la PG. El NDVI, también tiene la ventaja de depender de un tiempo de evaluación preciso y reproducible, durante cada temporada. El mejor tiempo para empezar las mediciones, basado en el modelo térmico fenológico que facilita la planificación de la medición, es de 300 grados día acumulados 'GDA' (Temperatura base = 10°C, acumulada precisamente desde la mitad de la floración, esto es, 50% de caliptras caídas, código 23, según la escala fenológica de Eichhorn-Lorenz). Las mediciones tempranas de NDVI durante

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

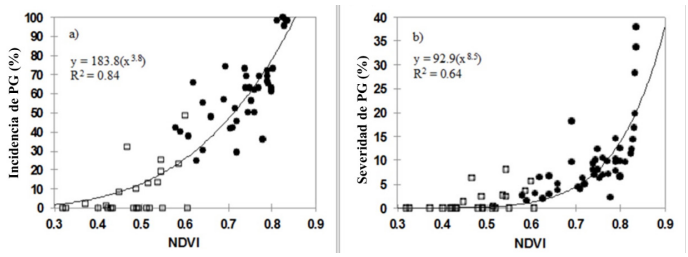


FIGURA 2. Relaciones en Francia (•) y Chile (□) entre (a) Incidencia de PG (%) con evaluación temprana de NDVI y (b) Severidad de PG (%) con evaluación temprana de NDVI.

la temporada nos permitieron evitar los efectos negativos de la saturación de este índice, debido al cierre de la canopia. El umbral de saturación del NDVI oscila entre 0,8 y 0,86 según diferentes estudios[6,7]. En este estudio[2], los datos no mostraron valores de NDVI superiores a 0,85.

Por primera vez, establecimos relaciones exponenciales entre los valores de NDVI medidos a 300 GDA después de la mitad de la floración, y la incidencia y severidad de PG a la cosecha (Figura 2). La relación entre PG (incidencia y severidad) y el crecimiento vegetativo (NDVI) se representó mediante un modelo no lineal con la ecuación PG inc/sev = a*(NDVI)b, el cual fue el mejor modelo según el valor de R2. Las relaciones entre estas variables fueron positivas, mostrando que las vides con mayor crecimiento vegetativo en una etapa fenológica temprana tenían más probabilidades de ser infectadas por B. cinerea durante la temporada. El patrón fue similar para ambas variables de la enfermedad, pero con una curva más pronunciada entre el NDVI y la severidad de la enfermedad (Figura 2b). Se notó una tendencia, que mostró un cambio en la incidencia y severidad de PG cuando los valores de NDVI alcanzaron aproximadamente 0.5 y 0.6, respectivamente.

PG a la cosecha relacionada con variables explicativas: crecimiento vegetativo y clima

Primeramente, el mejor modelo que explica la incidencia de la PG incluye las variables: i) pluviometría acumulada 35 días antes de la cosecha (PL35) como la variable explicativa predominante, y ii) medición de NDVI temprano en la temporada. La Figura 3 muestra una buena correlación (cercana a Y = X) entre la incidencia de PG observada y la incidencia de PG modelada en los experimentos a largo plazo en Francia y Chile (2010-2017). Segundo, para estimar la severidad de la PG, el mejor modelo de regresión también se basó en dos variables: i) crecimiento vegetativo (NDVI), que fue la variable explicativa predominante, y ii) pluviometría acumulada 15 días antes de la cosecha (PL15).

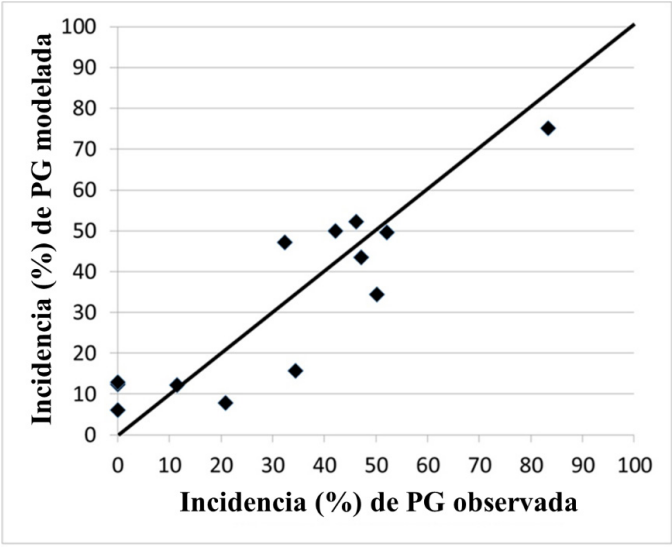


FIGURA 3. Relación entre incidencias de PG observadas y modeladas (Tabla 4, primer modelo de incidencia en Pañitrur-De la Fuente *et al.*, 2020)[2]. También se indica la ecuación Y = X.

Conclusiones

Los nuevos indicadores de manejo y riesgo, desarrollados en este estudio, se asociaron significativamente con el desarrollo de la PG a la cosecha. Por tanto, proponemos estas nuevas herramientas para desarrollar sistemas específicos de apoyo a decisiones (DSS, por sus siglas en inglés) para limitar, en el futuro, las aplicaciones de botriticidas en los viñedos. Los modelos de regresión incluyeron la precipitación acumulada unas semanas antes de la cosecha, corroborando la importancia de factores climáticos en el desarrollo de la PG. Es importante destacar que, desde un punto de vista práctico, el crecimiento vegetativo temprano de la vid (mediciones de NDVI) se muestra como un factor importante que también interviene significativamente en la infección por *B. cinerea*. Con respecto al contenido de taninos en la piel de las bayas, evaluado aproximadamente en la etapa de baya tamaño guisante, este indicador de riesgo de la PG también podría ser utilizado en estrategias de manejo integrado de plagas (MIP).

Futuras investigaciones deberían considerar el índice de compacidad del racimo y el inóculo del patógeno a lo largo de la temporada, con el fin de comprender mejor sus relaciones con la PG a la cosecha y optimizar los métodos de manejo y control en las estrategias de MIP contra el hongo patógeno altamente agresivo de la vid, *Botrytis cinerea*[8]. ■

Información extraída del artículo de investigación: *"Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards" (OENO One, 2020).*

Agradecimientos*: Los autores agradecen, por el apoyo financiero, al Conseil Interprofessionnel du Vin de Bordeaux (CIVB); la Beca de Doctorado CONICYT-Chile 2013 N° 21130505 y los proyectos en Chile CONICYT-FONDECYT/Regular 1191244 e Inserción académica PUC. Los autores también agradecen a la Unidad de Tecnología Mixta INRAE-BSA-IFV de Burdeos (UMT SEVEN).*

1 Drissi R., Goutouly J.-P., Forget D. and Gaudillère, J.-P., 2009. Nondestructive Measurement of Grapevine Leaf Area by Ground Normalized Difference Vegetation Index. *Agronomy Journal* 101, 226–231.

2 Pañitrur-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., Mirabal, Y., Laurie, V. F., Goutouly, J. P., Acevedo Opazo, C., & Fermaud, M. (2020). Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of *Botrytis* bunch rot in vineyards. *OENO One*, 54(2), 279–297. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954

3 Sarig P., Zutkhi Y., Lisker N., Shkelerman Y., Ben Arie R., Bielski R., Laing W. and Clark C., 1998. Natural and induced resistance of table grapes to bunch rots. *Acta Horticulturae* 464, 65–70.

4 Pezet R., Viret O. and Gindro K., 2004. Plant microbe interaction: The *Botrytis* gray mold of grapes. In A. Hemantaranjan. Ed. *Advances in plant physiology India: Varanasi*, vol. 7, pp. 75–120.

5 Deytieux-Belleau C., Geny L., Roudet J., Mayet V., Donèche B. and Fermaud M., 2009. Grape berry skin features related to ontogenic resistance to *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology* 125, 551–563.

6 Yang J., Guo N., Huang L.N. and Jia J.H., 2008. Analyses on MODIS-NDVI Index Saturation in Northwest China. *Plateau Meteorology* 27, 896–903.

7 Zhang K., Ge X., Liu X., Zhang Z., Liang Y., Tian Y., Cao Q., Cao W., Zhu Y. and Liu X., 2017. Evaluation of the chlorophyll meter and GreenSeeker for the assessment of rice nitrogen status. *Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture* 2017, 8(2), 359–363.

8 Ky, I., Lorrain, B., Jourdes, M., Pasquier, G., Fermaud, M., Geny, L., Rey, P., Doneche, B., Teissedre, P.-L., 2012. Assessment of grey mould (*Botrytis cinerea*) impact on phenolic and sensory quality of Bordeaux grapes, musts and wines for two consecutive vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00191.x