

En busca de la variabilidad de la mala hierba para su control con hongos castradores

In search of variability in weeds for their control with castrating fungi

M.T. Mas & A.M. Verdú*

Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, Barcelona, España
(*E-mail: amc.verdu@upc.edu)
<https://doi.org/10.19084/rca.34864>

Recibido/received: 2024.01.15
Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

Son numerosos los ejemplos de parásitos fúngicos endófitos de plantas que pueden impedir que éstas florezcan o produzcan semillas. Entre ellos se encuentran los hongos ustilaginales que pueden generar carbón en las plantas hospedantes. En esta contribución se aborda la interacción entre *Digitaria sanguinalis* (Ds), una mala hierba importante, y *Ustilago syntherismae*. Desde 2004 se han seguido ambas poblaciones en una parcela con historial agrícola de Torre Marimon (Caldes de Montbui, Barcelona). En esta aportación se presentan datos del período 2009-2017 de la densidad de individuos de Ds presentes al final del ciclo anual (otoño), obtenida mediante un muestreo regular utilizando cuadrados de 0.25 m². Se diferenciaron tres fenotipos de acuerdo con las siguientes características morfológicas: a) plantas aparentemente normales con espiguillas en sus inflorescencias; b) plantas completamente castradas con soros (carbón) en su parte apical; y c) plantas (parcialmente castradas, PPC) que presentaban tanto espiguillas como soros en distintos ápices de los hijuelos. Para el período 2011-2014 se presentan datos del potencial reproductivo y la variabilidad interanual (número de inflorescencias con espiguillas/número de soros por individuo) de los tres grupos señalados y se comparan entre ellos. Aunque tanto la densidad media anual de individuos PPC (4.7 i m⁻²), como su aportación media anual en el número de espiguillas/soros son bajas (31/168 estructuras m⁻² respectivamente), se discute brevemente, en el marco del posible uso del hongo como agente de control biológico, la relevancia que pueden tener estos individuos para analizar, desde una perspectiva genética, el tipo de resistencia que presentan.

Palabras-clave: Garranchuelo, Carbón, Fenotipo, Resistencia, Control biológico

ABSTRACT

There are numerous examples of endophytic fungal parasites of plants that can prevent them from flowering or producing seeds. Among these are Ustilaginales fungi that can cause smut on host plants. This contribution addresses the interaction between *Digitaria sanguinalis* (Ds), an important weed, and *Ustilago syntherismae*. Since 2004, both populations have been monitored on a plot with an agricultural past at Torre Marimon (Caldes de Montbui, Barcelona). We present data relating to the 2009-2017 period on the density of Ds individuals present at the end of the annual cycle (autumn), obtained through regular sampling using quadrats of 0.25 m². Three phenotypes were differentiated according to the following morphological characteristics: a) apparently normal plants with spikelets in their inflorescences; b) completely smutted plants with sori in their apical part; and c) plants (partially smutted, PS) that presented both spikelets and sori in different mainstem/tillers. For the period 2011-2014, data on the reproductive potential and interannual variability (number of inflorescences with spikelets/number of sori per individual) of the three aforementioned groups are presented and compared. Although both the average annual density of PS individuals (4.7 i m⁻²) and their average annual contribution to the number of spikelets/sori are low (31/168 structures m⁻² respectively), we briefly discuss, within the scenario of the possible use of the fungus as a biological control agent, the relevance that these individuals may have for analysing, from a genetic perspective, the type of resistance they present.

Keywords: Large crabgrass, Smut, Phenotype, Resistance, Biological control

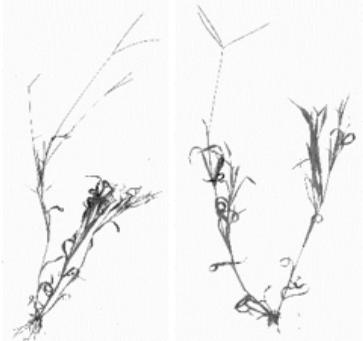
INTRODUCCIÓN

Digitaria sanguinalis (L.) Scop. (Ds) es una mala hierba anual con una distribución cosmopolita que puede provocar pérdidas importantes de rendimiento en diferentes cultivos. Para el control de esta mala hierba se utilizan diversos métodos, pero sin duda el uso de herbicidas es el más empleado. La recurrencia de este procedimiento está comportando la aparición de biotipos resistentes a herbicidas (Zhao *et al.*, 2023). El manejo de esta especie,

además, se ve dificultado por la posibilidad de la presencia de varias cohortes a lo largo del período de cultivo (Leguizamón & Lovato Echeverría, 2014).

Con la situación indicada, la perspectiva del control biológico de la mala hierba adquiere interés. Son numerosos los organismos que pueden interactuar con la mencionada especie de la mala hierba (Xia *et al.*, 2020). Entre los hongos patógenos (Krupska, 2012) se encuentra una Ustilaginal (Us – *Ustilago*

Tabla 1 - Expresión fenotípica de las plantas de *Digitaria sanguinalis* en su interacción biótica con el hongo *Ustilago syntherismae* (Verdú & Mas, 2020)

Foto de individuo con espiguillas	Foto de individuo con soros	Foto de individuos con espiguillas y soros
 <p>Plantas sanas (1) Plantas asintomáticas (2)</p>	 <p>Plantas enteramente castradas (PEC)</p>	 <p>Plantas parcialmente castradas (PPC)</p>
<p>(1) Pueden presentar resistencia fenotípica cualitativa</p> <p>(2) Pueden presentar resistencia fenotípica cuantitativa</p>	<p>Plantas susceptibles</p>	<p>Pueden presentar resistencia fenotípica cuantitativa</p>

syntherismae (Schwein.) Peck). En el inicio de la primavera, el hongo presente en el suelo puede infectar a las plántulas y penetrar en sus tejidos internos. Al desarrollarse la planta con la presencia interna del hongo se pueden producir las siguientes situaciones (Mas & Verdú, 2020): a) las hifas del hongo pueden quedar bloqueadas en alguna zona de la base del tallo principal (plantas asintomáticas que presentaran inflorescencias normales); b) las hifas del hongo se desarrollan más o menos sincrónicamente con el/los tallo/s del individuo (planta que presentará soros en lugar de inflorescencias, totalmente castrada); y c) las hifas del hongo pueden colonizar algún(nos) hijuelo(s), pero no todos (planta que presentará inflorescencias con espiguillas y soros). Las plantas totalmente castradas presentan soros (masas de esporas envueltas por un peridio) que se comportan como unidades de dispersión (Piepenbring *et al.*, 1998). Esta característica abre una ventana a la expectativa del uso del hongo como agente de control de la maleza.

Tanto las plantas asintomáticas como las parcialmente castradas presentan un grado de resistencia, fenotípicamente cualitativa o cuantitativa, respectivamente (Nicks *et al.*, 2015). En campo, no obstante, sólo pueden detectarse a maduración las parcialmente castradas (Tabla 1). Desde el punto de vista de la evolución de la enfermedad, la presencia de plantas parcialmente castradas supone una característica poblacional muy interesante debido a que estos individuos aseguran la producción de semillas y teliósporas.

El objetivo del trabajo es presentar este set de plantas parcialmente castradas y su aptitud para formar tanto soros como inflorescencias con espiguillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela situada en Caldes de Montbui (Barcelona, 41°36' N y 2°10' E) con un historial agrícola con cultivos de maíz, cebada y girasol, principalmente (Verdú & Mas, 2015). En esta comunicación se presentan los datos correspondientes al período 2009-2017. Al inicio de cada campaña (en mayo) se dispusieron de manera regular y se marcaron en número variable según el año diversos cuadrados de 0.25 m², con la finalidad de seguir la población de plantas de *D.sanguinalis*.

Semanalmente, se hizo un trabajo de escarda en el interior de los cuadrados para retirar las plántulas/plantas de otras especies. Al final de la campaña (octubre/noviembre) se recolectaron las plantas de cada cuadrado. Para cada individuo se anotó su fenotipo en relación la enfermedad fúngica. Inicialmente se consideraron tres tipos (Tabla 1): sanas (incluye las plantas asintomáticas), parcialmente castradas (PPC, soros e inflorescencias con espiguillas en el mismo individuo), y con presencia absoluta de carbón (soros). En cuatro de los años (2011-2014) del período mencionado se registraron el número de inflorescencias con espiguillas y de soros de cada individuo de los tres tipos de plantas. Para relacionar la frecuencia de plantas parcialmente castradas con la densidad de plantas maduras se utilizó un modelo lineal generalizado con la distribución binomial negativa. El procedimiento GENMOD (SAS, 2013) se utilizó para estimar el modelo. Los estadísticos básicos de las variables se calcularon con el procedimiento UNIVARIATE (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media de PPC representa un porcentaje muy bajo (2.3%, entre 0 y 6.5% en el período estudiado) del total de plantas presentes en la población que llegaron a la madurez (con espiguillas i/o soros) al final de las campañas estudiadas. La variabilidad en el número observado de PPC en cada campaña se muestra en la Figura 1. En general el tamaño

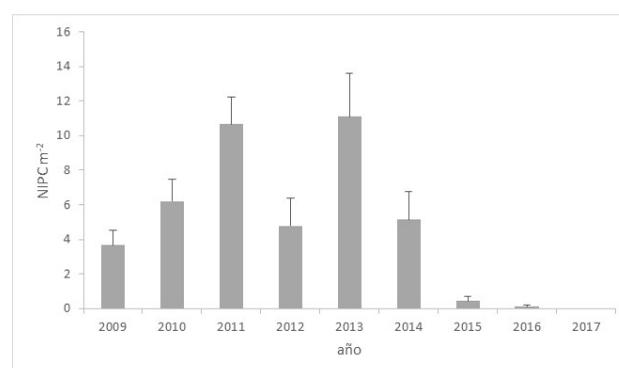


Figura 1 - Densidad de individuos parcialmente castrados (NIPC m⁻²) por *Ustilago syntherismae* observada en la población de *Digitaria sanguinalis* estudiada en Caldes de Montbui (Barcelona) al final de la campaña (octubre/noviembre). Las barras representan el error estándar de la media.

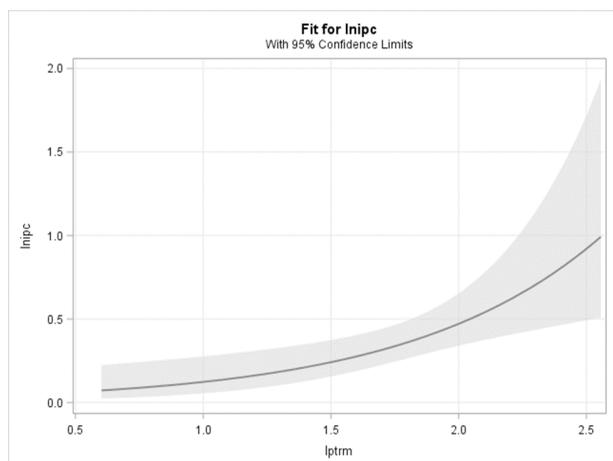


Figura 2 - Variación en la densidad de individuos de *Digitaria sanguinalis* parcialmente castrados ($\ln ipc = \log_{10}[nipc \cdot 0.25m^{-2}]$) por *Ustilago syntherismae* en función de la densidad de plantas totales reproductivamente maduras ($lptrm = \log_{10}[ptrm \cdot 0.25m^{-2}]$) al final de la campaña, en el período 2009-2017 en una parcela de Caldes de Montbui, Barcelona). La función ajustada fue dibujada a partir de los parámetros estimados en un modelo lineal generalizado con los límites de confianza del 95%.

poblacional, número de plantas de los distintos fenotipos, está muy condicionado por la precipitación incidente en el período, y muy en particular la que se registra en el inicio de la primavera y en el inicio del otoño (Verdú & Mas, 2015; Mas & Verdú, 2020).

El número de PPC presentes en la población está relacionado con el número total de individuos que alcanzan la madurez reproductiva al final de la campaña. Tal y como se puede observar en la Figura 2, el modelo que relaciona estas dos variables pierde fiabilidad a partir de un valor de densidad de plantas superior a 100 individuos/0.25 m² (en gran medida debido a que se dispone de pocos datos de densidades elevadas).

Las PPC aseguran la entrada en la población de teliósporas que presumiblemente tienen un menor grado de infectividad que el que presentan las de las PEC. Por otro lado, las espiguillas formadas por las PPC tienen semillas que previsiblemente presentarán un mayor grado de resistencia a la infección por el hongo. Este material puede ser de interés para el estudio del genoma del hongo y de la planta implicados en los procesos de infección y de resistencia.

CONCLUSIONES

Las plantas parcialmente castradas representan la expresión fenotípica de un cierto grado de resistencia a la infección por el hongo.

Las plantas enteramente castradas son una fuente de esporas que pueden ser usadas en laboratorio para realizar infecciones forzadas y disponer de una cantidad importante de este material.

Sería muy interesante la detección de plantas asintomáticas en campo ya que de esta manera se podrán recolectar espiguillas con semillas con un cierto grado de resistencia a la enfermedad. Y ello permitiría el estudio de las bases genéticas de esta resistencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a l'Institut de Recerca i Tecnologia Alimentàries (IRTA) por las diversas facilidades que ofrecieron para la realización del estudio. También agradecen a S. Alcalá y M. Julià la asistencia técnica que brindaron en los trabajos de campo y de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Krupska, I. (2012) - *Fungal pathogens for biological control of crabgrass (Digitaria spp.) in Canada*. M.Sc. thesis, McGill University, Canada, 72 p. [cit. 2024.02.21] <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/tx31qn451>
- Leguizamón, E.S. & Lovato Echeverría, R. (2014) - *Digitaria sanguinalis (L.) Scop. y otras gramíneas anuales Bases para su manejo y control en sistemas de producción*. REM – AAPRESID. [cit. 2024.02.19]. <https://www.aapresid.org.ar/blog/digitaria-sanguinalis-l-scop-gramineas-anuales>
- Mas, M.T. & Verdú, A.M.C. (2020) - The dynamics of an interaction between *Digitaria sanguinalis* and *Ustilago syntherismae* at local scale is strongly influenced by environment and spatial distribution. *Plant Pathology*, vol. 69, n. 2, p. 221-230. <https://doi.org/10.1111/ppa.13129>
- Niks, R.E.; Qi X. & Marcel, T.C. (2015) - Quantitative resistance to biotrophic filamentous plant pathogens: concepts, misconceptions, and mechanisms. *Annual Review of Phytopathology*, vol. 53, p. 445–470. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-115928>
- Piepenbring, M.; Hagedorn, G. & Oberwinkler, F. (1998) - Spore liberation and dispersal in smut fungi. *Botanica Acta*, vol. 111, n. 6, p. 444–460. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1998.tb00732.x>
- SAS (2013) - *Statistical analysis Systems*, software version 9.4. Cary, North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- Verdú, A.M.C. & Mas, M.T. (2015) - Density-related effects on the infectivity and aggressiveness of a sterilising smut in a wild population of *Digitaria sanguinalis*. *Plant Biology*, vol. 17 n. 1, p. 281–287. <https://doi.org/10.1111/plb.12210>
- Verdú, A.M.C. & Mas, M.T. (2020) - Assessing phenotypic quantitative resistance of *Digitaria sanguinalis* to *Ustilago syntherismae*: from individual to population level. *Plant Biosystems*, vol. 154, n. 2, p. 181-188. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1578279>
- Xia, W.; Yu, X. & Ye, Z. (2020) - Smut fungal strategies for the successful infection. *Microbial Pathogenesis*, vol. 142, art. 104039. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104039>
- Zhao, B.; Xu, X.; Li, B.; Qi, Z.; Huang, J.; Hu, A.; Wang, G. & Liu, X. (2023) - Target-site mutation and enhanced metabolism endow resistance to nicosulfuron in a *Digitaria sanguinalis* population. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 194, art. 105488. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105488>