



# Title: Gen PLA2A de Arabidopsis thaliana en respuesta a la infección por Ustilago maydis

## Authors: CASARRUBIAS-CASTILLO, Kena, MÉNDEZ-MORÁN, Lucila and ZAÑUDO-HERNÁNDEZ, Julia

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2021-01

BECORFAN Classification (2021): 131221-0001

Pages: 13

RNA: 03-2010-032610115700-14

### ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

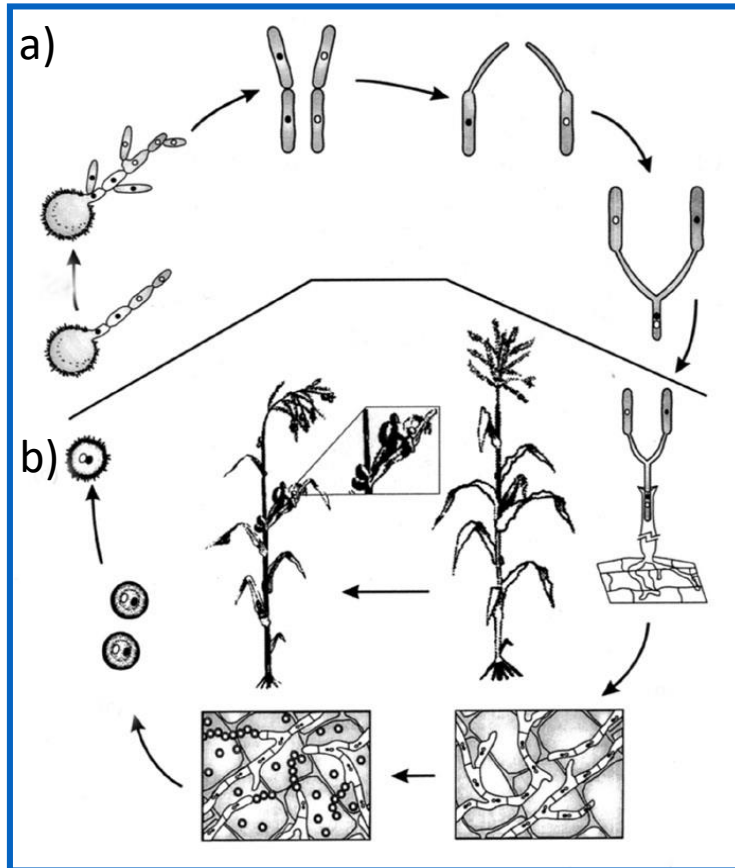
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Introducción

*Ustilago maydis* es un hongo fitopatógeno biotrófico que infecta plantas de maíz.



## Fase Saprófita

No requiere de la planta

Células haploides

Crecimiento levaduriforme

## Fase Parasítica

Requiere de la planta

Dicariótica

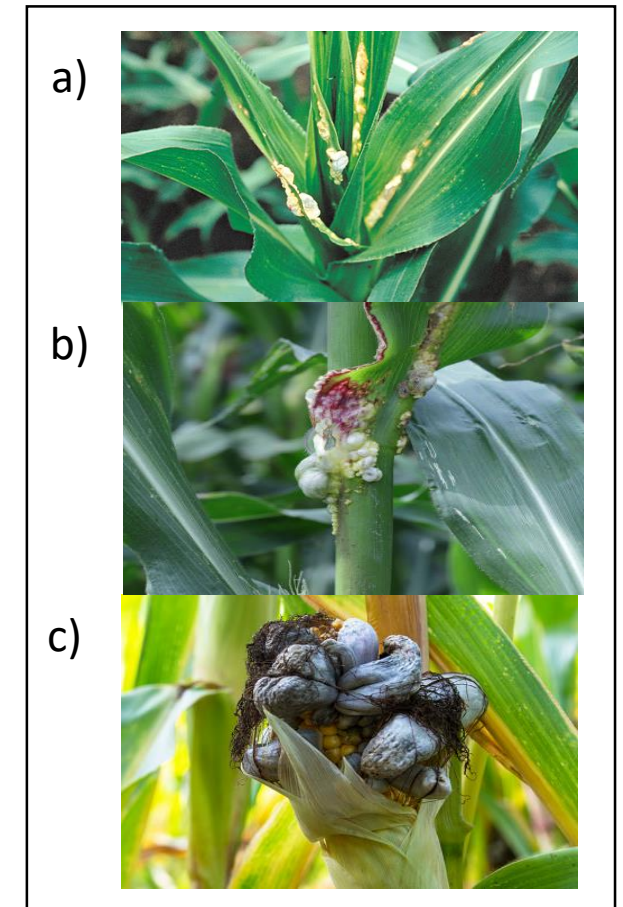
Crecimiento micelial

Reproducción sexual

(Ferris and Walbo, 2020; Ruiz -Herrera 1998).

**Fig. 2** *U. maydis* life cycle.

a) Fase saprófita b) Fase parasítica



**Fig. 1.** Tumores globosos en *Zea mays*. Infecta todos los organo aéreos de la planta (a), hojas (b), tallos (c) órganos reproductivos.

# Antecedentes

## *Ustilago maydis* – *Arabidopsis thaliana*

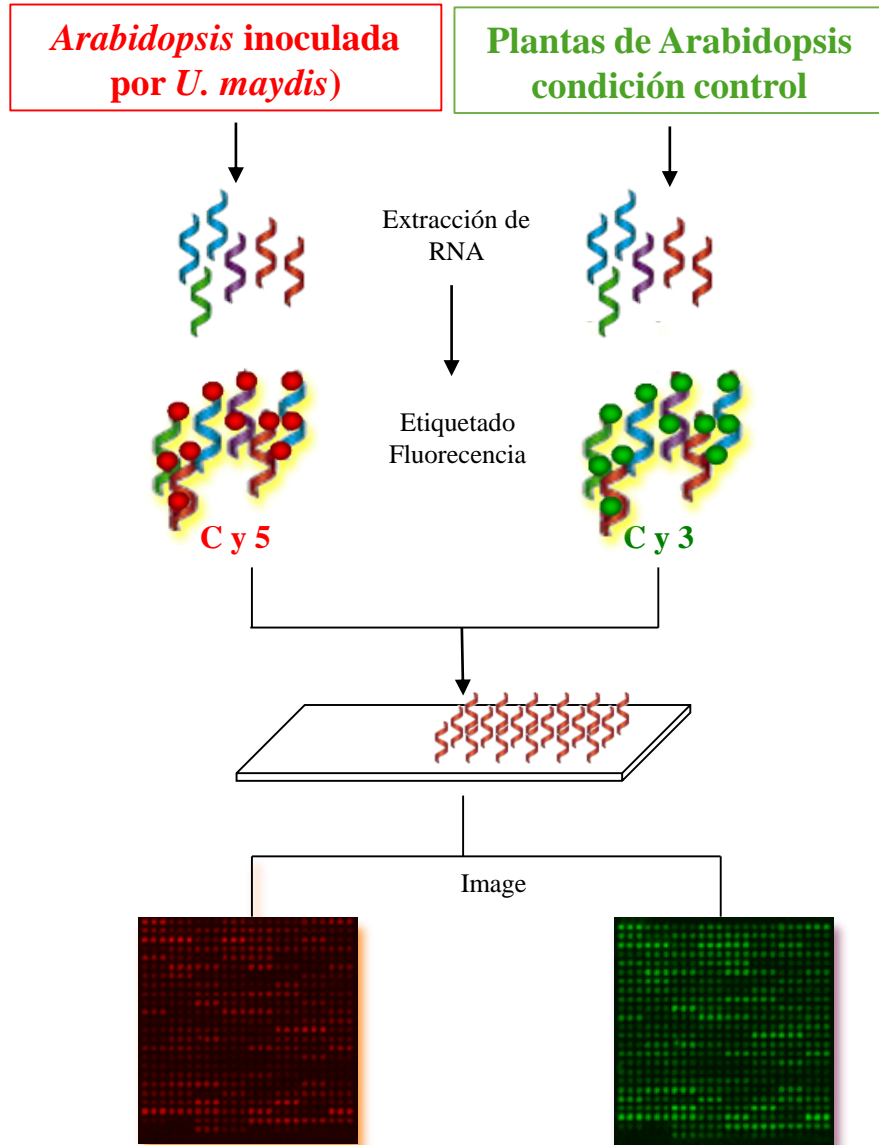


Patosistema *U. maydis*-*Arabidopsis*

Cepas haploides de *U. maydis* a1b1 y a2b2 mostraron ser virulentas en *Arabidopsis*.

**Fig. 3** *Arabidopsis thaliana* infectada por *U. maydis*. Tomado de Méndez-Morán et al., Phytopathology, 2005.

# Antecedentes Microarreglo



A partir de un análisis de microarreglo (datos no publicados), varios genes fueron expresados durante la interacción de Arabidopsis con *U. maydis*.

En este trabajo se eligió el gen *PLA2A* que se induce desde las 24 hrs en respuesta a la infección por *U. maydis*.

*PLA2A*

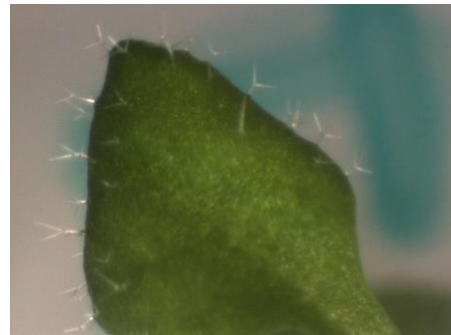
24 hpi	72 hpi	144 hpi
4.0161	2.6539	2.6861

# Metodología

*Arabidopsis thaliana*  
L. Landsberg *erecta*  
(*Ler*)



Mutante *pla2a*  
(SALK\_059119c  
Instituto Salk



- 1) Plantas silvestres de *Arabidopsis* y plantas mutantes *pla2a* se infectaron con la cepa alb1 de *U. maydis*, ambas con su control inoculado con agua. Seguimiento de la sintomatología 1, 6, 9 y 12 dpi.

## Diseño experimental



*At* inoculada  
con agua



*At* inoculada  
*U. maydis*



Mutante  
*pla2a* inoculada  
con agua



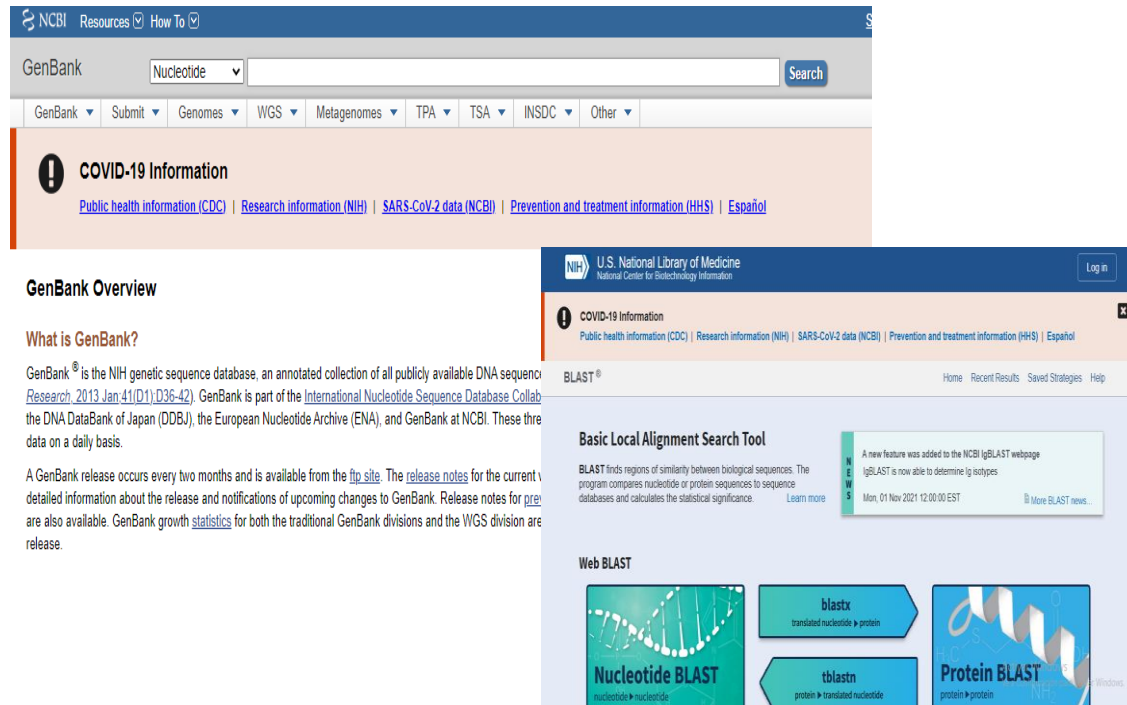
Mutante *pla2a*  
Inoculada con *U.*  
*maydis*

# Metodología

2) Se realizó una búsqueda del gen ortólogo en Maíz

Bases de datos del GenBank

Alineamiento con el programa CLC Workbench y BLAST® services.



The image shows two screenshots of web interfaces. The top screenshot is the GenBank search page, featuring a search bar with a dropdown menu set to 'Nucleotide' and a 'Search' button. Below the search bar are navigation tabs for 'GenBank', 'Submit', 'Genomes', 'WGS', 'Metagenomes', 'TPA', 'TSA', 'INSDC', and 'Other'. A prominent 'COVID-19 Information' banner is visible, with links to 'Public health information (CDC)', 'Research information (NIH)', 'SARS-CoV-2 data (NCBI)', 'Prevention and treatment information (HHS)', and 'Español'. The bottom screenshot is the BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) web interface, showing the 'Basic Local Alignment Search Tool' section with a description of the tool and a 'Web BLAST' section with buttons for 'blastx translated nucleotide → protein', 'tblastn protein → translated nucleotide', and 'Protein BLAST protein → protein'.

3) Se diseñaron oligonucleótidos específicos del gen para realizar ensayos de RT-PCR y analizar el transcrito a lo largo del proceso infeccioso.

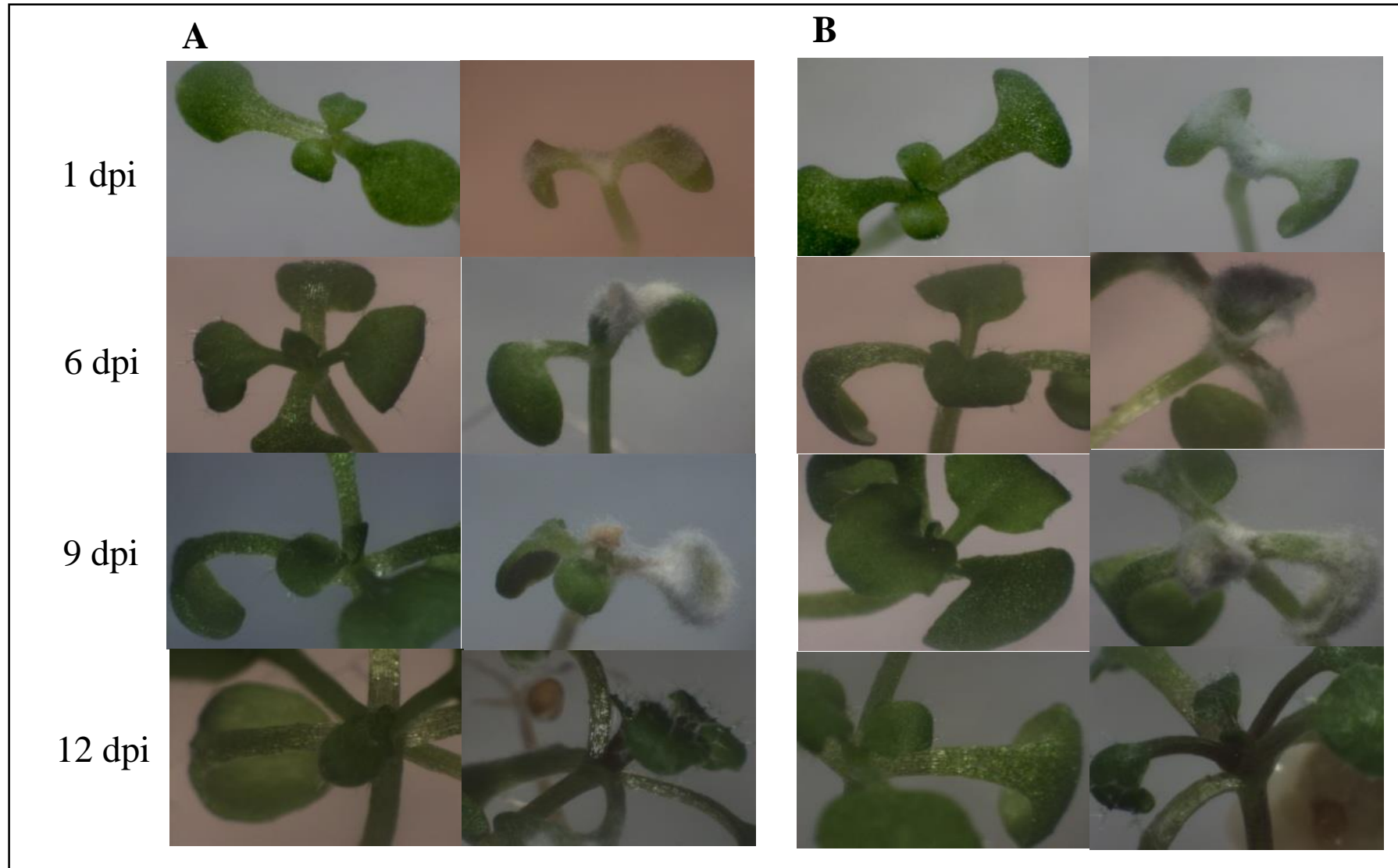


Extracción de RNA

↓  
Síntesis de cDNA

↓  
PCR con oligonucleótidos para *AtPLA2A*

# Resultados



**Figura 6.** Infección de *U. maydis* en plantas silvestres de *Arabidopsis* y mutante *pla2a*. **A** Plantas silvestres de *Arabidopsis*, de lado izquierdo se muestra la planta control inoculada con agua y de lado derecho la planta inoculada con la cepa a1b1 de *U. maydis*. **B** Plantas *pla2a*, de lado izquierdo se muestra la planta control inoculada con agua y de lado derecho la planta inoculada con la cepa a1b1 de *U. maydis*.

# Resultados

En *Arabidopsis* la secuencia nucleotídica se encuentra con el número de acceso NM\_128213 y en maíz con el número de acceso NM\_001147354.

[GenBank](#) ▾

## ***Arabidopsis thaliana* phospholipase A 2A (PLA2A), mRNA**

NCBI Reference Sequence: NM\_128213.4

[FASTA](#) [Graphics](#)

[Go to:](#)

LOCUS NM\_128213 1644 bp mRNA linear PLN 14-FEB-2019  
DEFINITION *Arabidopsis thaliana* phospholipase A 2A (PLA2A), mRNA.  
ACCESSION NM\_128213  
VERSION NM\_128213.4  
DBLINK BioProject: [PRJNA116](#)  
BioSample: [SAMN03081427](#)  
KEYWORDS RefSeq.  
SOURCE *Arabidopsis thaliana* (thale cress)  
ORGANISM [Arabidopsis thaliana](#)  
Eukaryota; Viridiplantae; Streptophyta; Embryophyta; Tracheophyta;  
Spermatophyta; Magnoliopsida; eudicotyledons; Gunneridae;  
Pentapetalae; rosids; malvids; Brassicales; Brassicaceae;  
Camelineae; *Arabidopsis*.  
REFERENCE 1 (bases 1 to 1644)  
AUTHORS Lin,X., Kaul,S., Rounsley,S., Shea,T.P., Benito,M.I., Town,C.D.,  
Fujii,C.Y., Mason,T., Bowman,C.L., Barnstead,M., Feldblyum,T.V.,  
Buell.C.R., Ketchum.K.A., Lee.J., Ronning.C.M., Koo.H.L..

[GenBank](#) ▾

## ***Zea mays* Patatin-like protein 2 (LOC100272901), mRNA**

NCBI Reference Sequence: NM\_001147354.1

[FASTA](#) [Graphics](#)

[Go to:](#)

LOCUS NM\_001147354 1576 bp mRNA linear PLN 26-JUN-2021  
DEFINITION *Zea mays* Patatin-like protein 2 (LOC100272901), mRNA.  
ACCESSION NM\_001147354  
VERSION NM\_001147354.1  
KEYWORDS RefSeq.  
SOURCE *Zea mays*  
ORGANISM [Zea mays](#)  
Eukaryota; Viridiplantae; Streptophyta; Embryophyta; Tracheophyta;  
Spermatophyta; Magnoliopsida; Liliopsida; Poales; Poaceae; PACMAD  
clade; Panicoideae; Andropogonodae; Andropogoneae; Tripsacinae;  
*Zea*.  
REFERENCE 1 (bases 1 to 1576)  
AUTHORS Schnable PS, Ware D, Fulton RS, Stein JC, Wei F, Pasternak S, Liang  
C, Zhang J, Fulton L, Graves TA, Minx P, Reily AD, Courtney L,



# Resultados

El gen se encuentra anotado bajo el locus: AT2G26560

## PLA2A phospholipase A 2A [ *Arabidopsis thaliana* (thale cress) ]

[Download Datasets](#)

Gene ID: 817197, updated on 6-May-2021

### Summary

Gene symbol	PLA2A
Gene description	phospholipase A 2A
Primary source	<a href="#">Araport:AT2G26560</a>
Locus tag	AT2G26560
Gene type	protein coding
RNA name	phospholipase A 2A
RefSeq status	REVIEWED
Organism	<a href="#">Arabidopsis thaliana (ecotype: Columbia)</a>
Lineage	Eukaryota; Viridiplantae; Streptophyta; Embryophyta; Tracheophyta; Spermatophyta; Magnoliopsida; eudicotyledons; Gunneridae; Pentapetalae; rosids; malvids; Brassicales; Brassicaceae; Camelineae; Arabidopsis
Also known as	PATATIN-LIKE PROTEIN 2; phospholipase A 2A; PHOSPHOLIPASE A 2A; PLA IIA; PLAI alpha; PLP2; T9J22.23; T9J22_23
Summary	Encodes a lipid acyl hydrolase with wide substrate specificity that accumulates upon infection by fungal and bacterial pathogens. Protein is localized in the cytoplasm in healthy leaves, and in membranes in infected cells. Plays a role in cell death and differentially affects the accumulation of oxylipins. Contributes to resistance to virus.

NEW

Try the new [Gene table](#)

Try the new [Transcript table](#)

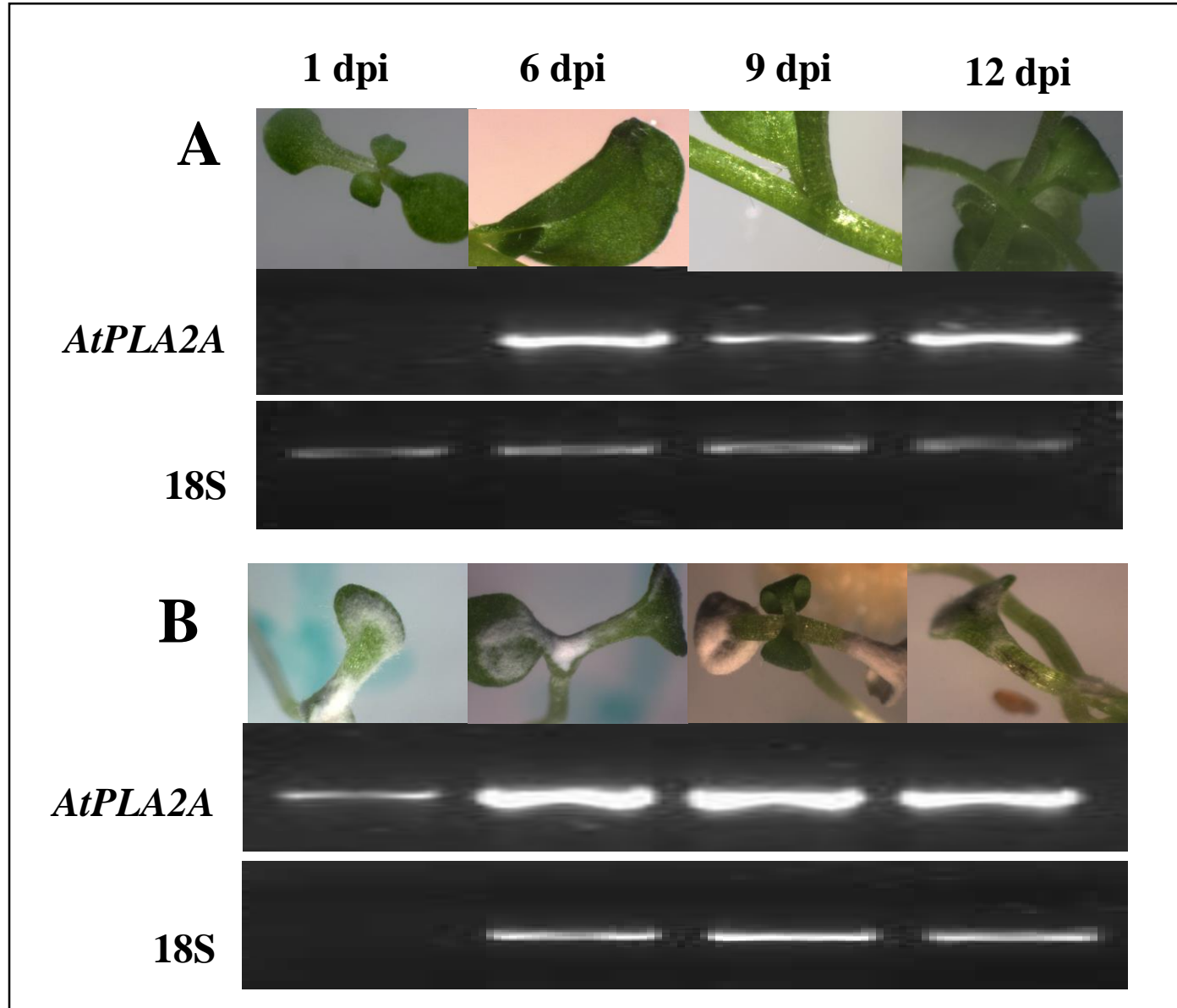


# Resultados

<i>AtPLA2A</i>	239	TCCA-GCCCCCGACCTATGGAAACTTAGTTACAATCCTCAGCATCGACGGTGGTGGCATT	297
<i>ZmPLA2A</i>	256	.... <b>C</b> ... <b>G</b> ... <b>G.G</b> .. <b>C</b> .. <b>G.G.A.C</b> .. <b>C</b> .. <b>CG.G</b> ..... <b>C</b> ..... <b>G.G</b>	315
<i>AtPLA2A</i>	298	AGAGGGCTAATCCCTGCCGTTATCCTTGGTTTTCTCGAGTCCGAACTCCAGAAATTGGAT	357
<i>ZmPLA2A</i>	316	<b>C.C</b> ... <b>A.C</b> ..... <b>G.G.ACC</b> ..... <b>C.CC</b> .. <b>C</b> ..... <b>GAGA.G</b> .. <b>G</b> ... <b>G.G.AC</b> .. <b>C</b>	375
<i>AtPLA2A</i>	358	G---GAGAAGAAGCAAGGCTTGCAGACTACTTTGATGTAATAGCGGGAACAAGCACCGGT	414
<i>ZmPLA2A</i>	376	<b>.AGC</b> .. <b>CCG</b> .. <b>C</b> .. <b>GC</b> ..... <b>C</b> .. <b>C</b> ..... <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>G</b> .. <b>G</b> ..... <b>C</b>	435
<i>AtPLA2A</i>	415	GGTCTAGTGACAGCCATGCTCACCGCGCCTAATAAGGAAGGCCGACCCTTATTTGCAGCG	474
<i>ZmPLA2A</i>	436	.. <b>G</b> .. <b>G</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> ..... <b>G</b> ..... <b>C</b> .. <b>C</b> ..... <b>C</b> ..... <b>C</b> .. <b>GC</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b>	495
<i>AtPLA2A</i>	475	TCTGAAATTAAAGATTTCTATCTTGAGCAATGTCCGAAGATCTTCCC	521
<i>ZmPLA2A</i>	496	<b>AAG</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>GC</b> ..... <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>C</b> .. <b>G</b> .....	542

**Figura 8.** Alineamiento de las secuencia del gen *PLA2A* de *A. thaliana* vs *Zea mays*. La secuencia de Arabidopsis se muestra en púrpura y la secuencia de maíz en negro. Las secuencias tienen un 69% de identidad en los nucleótidos 239-521 y 256-542 respectivamente, los nucleótidos diferentes se muestran en rojo.

# Resultados



**Figura 9.** Análisis de expresión de *PLA2A* en plantas de arabisopsis infectadas con *U. maydis*. **A** Plantas control (inoculadas con agua) de arabisopsis, **B** Plantas inoculadas con la cepa a1b1 de *U. maydis*.

# Conclusiones

El análisis comparativo de los síntomas entre plantas *pla2a* y silvestres establece que existe una relación en la respuesta a la infección por *U. maydis*.

La expresión del gen *PLA2A* parece modular la respuesta al patógeno ya que la degradación de lípidos está relacionada con la resistencia y susceptibilidad, así como la respuesta inmune de la planta en respuesta a la infección por *U. maydis*.

Adicionalmente se logró determinar la secuencia ortóloga en maíz, cuya expresión en maíz podría ser analizada para describir la participación de *PLA2A* en el proceso patogénico de *U. maydis* en su huésped natural.

El uso de *Arabidopsis* es un modelo importante que nos permite comprender y dilucidar el proceso patogénico de *U. maydis* y los mecanismos de interacción planta-hongo.

Con los resultados obtenidos es interesante realizar estudios más detallados en las plantas de *Arabidopsis pla2a* y otros tipos de cepas de *U. maydis*, ya que el hongo modifica su estilo de vida dependiendo de la ploidía y el gen modula la respuesta inmune vegetal, por lo que el estudio del transcrito en su huésped natural el maíz podrá ser de gran importancia para conocer los mecanismos de resistencia y susceptibilidad al patógeno.

# Referencias

- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W. & Lipman, D.J. (1990) "Basic local alignment search tool." *J. Mol. Biol.* 215:403-410. [https://doi: 10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2)
- Cheng Junbin, Song Na & Wu Jinsong. (2018). A patatin-like protein synergistically regulated by jasmonate and ethylene signaling pathways plays a negative role in *Nicotiana attenuata* resistance to *Alternaria alternata*. *Plant Diversity*, 41(1) 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.12.001>.
- Cordero Cucart, M. T. (2021). *Aplicaciones del factor de transcripción Roseal de la ruta de las antocianinas como marcador visual en virología molecular y biotecnología de plantas* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Ferris, A. C., & Walbot, V. (2020). Understanding *Ustilago maydis* Infection of Multiple Maize Organs. *Journal of Fungi*, 7(1), 8. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/jof7010008>.
- Glazebrook J. (2005). Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annual review of phytopathology*, 43, 205–227. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.135923>
- La Camera, S., Geoffroy, P., Samaha, H., Ndiaye, A., Rahim, G., Legrand, M., & Heitz, T. (2005). A pathogen-inducible patatin-like lipid acyl hydrolase facilitates fungal and bacterial host colonization in Arabidopsis. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 44(5), 810–825. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02578.x>
- La Camera, S., Balagué, C., Göbel, C., Geoffroy, P., Legrand, M., Feussner, I., Roby, D., & Heitz, T. (2009). The Arabidopsis patatin-like protein 2 (PLP2) plays an essential role in cell death execution and differentially affects biosynthesis of oxylipins and resistance to pathogens. *Molecular plant-microbe interactions : MPMI*, 22(4), 469–481. <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-4-0469>
- Martínez, S. B., Garbi, M., Puig, L., Cap, G. B., & Gimenez, D. O. (2021). FITOHORMONAS REDUCEN DAÑOS POR *Nacobbus aberrans* EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 37(1), 43-53.
- Martínez-Soto, D., Robledo-Briones, A. M., Estrada-Luna, A. A., & Ruiz-Herrera, J. (2013). Transcriptomic analysis of *Ustilago maydis* infecting Arabidopsis reveals important aspects of the fungus pathogenic mechanisms. *Plant signaling & behavior*, 8(8), e25059. <https://doi.org/10.4161/psb.2505>
- Méndez-Morán, L., Reynaga-Peña, C. G., Springer, P. S., & Ruiz-Herrera, J. (2005). *Ustilago maydis* Infection of the Nonnatural Host Arabidopsis thaliana. *Phytopathology*, 95(5), 480–488. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-0480>.
- Ruiz-Herrera, J., & Martínez-Espinoza, A. D. (1998). The fungus *Ustilago maydis*, from the aztec cuisine to the research laboratory. *International microbiology : the official journal of the Spanish Society for Microbiology*, 1(2), 149–158.
- The Arabidopsis Information Resource (TAIR), [www.arabidopsis.org/servlets/TairObject?type=locus&name=At2g26560](http://www.arabidopsis.org/servlets/TairObject?type=locus&name=At2g26560), recuperado en 24 de septiembre de 2021.
- Wilson, S. K., & Knoll, L. J. (2018). Patatin-like phospholipases in microbial infections with emerging roles in fatty acid metabolism and immune regulation by Apicomplexa. *Molecular microbiology*, 107(1), 34–46. <https://doi.org/10.1111/mmi.13871>
- Yang, W. Y., Zheng, Y., Bahn, S. C., Pan, X. Q., Li, M. Y., Vu, H. S., Roth, M. R., Scheu, B., Welti, R., Hong, Y. Y., & Wang, X. M. (2012). The patatin-containing phospholipase A |pPLAIIa modulates oxylipin formation and water loss in Arabidopsis thaliana. *Molecular plant*, 5(2), 452–460. <https://doi.org/10.1093/mp/ssr118>



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)