

# LA FUSARIOSIS DE LA ESPIGA EN TRIGO: AMENAZA SILENCIOSA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Autores: Norma Cecilia Morales-Elias, Guillermo García-Barrios

## RESUMEN

El trigo es uno de los granos más consumidos en el mundo y constituye la base de productos esenciales como el pan y la pasta. No obstante, su producción se ve amenazada por una enfermedad muy destructiva: la fusariosis de la espiga. Causada principalmente por hongos del género *Fusarium*, esta enfermedad reduce el rendimiento del cultivo y deteriora la calidad del grano. Uno de los aspectos más preocupantes de esta enfermedad es la producción de micotoxinas, sustancias tóxicas que pueden contaminar alimentos derivados del trigo y afectar la salud humana y animal. La enfermedad se desarrolla bajo condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas durante la floración, escenario que podría intensificarse con los efectos del cambio climático. Este artículo describe qué es la fusariosis de la espiga, cómo afecta la producción y la calidad del trigo, por qué las micotoxinas asociadas representan un riesgo para la inocuidad alimentaria y qué estrategias de manejo permiten reducir su impacto.

**Palabras clave:** enfermedades fúngicas, micotoxinas, producción agrícola, sanidad vegetal, tizón de la espiga.

## INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum spp.*) es uno de los cereales más importantes a nivel mundial y constituye una fuente de carbohidratos, proteínas, fibra dietética y minerales esenciales para millones de personas (Vitale *et al.*, 2024). Dos de las principales especies cultivadas son el trigo panadero hexaploide (*Triticum aestivum*), utilizado predominantemente en pan, productos de confitería y galletas, y el trigo duro tetraploide (*Triticum turgidum*) preferido para productos a base de sémola como el cuscús y la pasta. Sin embargo, incluso un cultivo tan esencial enfrenta amenazas capaces de comprometer su producción y la inocuidad del grano como lo es la fusariosis de la espiga, también conocida como tizón de la espiga, considerada una de las enfermedades más destructivas de este cereal en el mundo (Dweba *et al.*, 2017; Ma *et al.*, 2025). Su nombre puede sonar inofensivo, pero sus consecuencias son muy reales.

La enfermedad se desarrolla cuando hongos del complejo *Fusarium graminearum* infectan la espiga durante la floración. Si, durante esos días, coinciden lluvias frecuentes y temperaturas moderadas, el hongo invade la espiga y altera el desarrollo normal del grano (Cerón-Bustamante *et al.*, 2018; He *et al.*, 2022; Syed *et al.*, 2024). A veces el daño es visible como espiguillas decoloradas (Figura 1), granos arrugados o decolorados; otras veces, no se nota a simple vista.

Lo más preocupante ocurre en silencio. Mientras coloniza la espiga, el hongo puede producir micotoxinas,

sustancias tóxicas que permanecen en el grano incluso después del procesamiento. Entre ellas destaca el deoxinivalenol (DON), conocido como vomitoxina, capaz de resistir distintos procesos industriales y llegar hasta los alimentos derivados del trigo (Pestka, 2010; Casu *et al.*, 2024). Su consumo se ha relacionado con problemas gastrointestinales, alteraciones inmunológicas y efectos adversos en animales de producción (Lipps *et al.*, 2025; Ma *et al.*, 2025).

Las pérdidas no son solo sanitarias. Países productores han acumulado daños económicos de miles de millones de dólares debido a esta enfermedad (Syed *et al.*, 2024; Ma *et al.*, 2025). Además, existen formas “enmascaradas” de micotoxinas que pueden pasar desapercibidas y recuperar su toxicidad durante la digestión (Dweba *et al.*, 2017), lo cual nos genera incertidumbre.

En un escenario de cambio climático, donde las lluvias intensas y las variaciones térmicas son cada vez más frecuentes, el riesgo podría aumentar y expandirse hacia nuevas regiones productoras (Casu *et al.*, 2024; Yilmaz *et al.*, 2025). Por ello, científicos y agricultores trabajan en conjunto para desarrollar estrategias que combinen mejoramiento genético, prácticas agronómicas y herramientas de control más sostenibles para manejar la enfermedad (Mattei *et al.*, 2022; Ma *et al.*, 2025).

Hablar de fusariosis no es hablar solo de una enfermedad de un cultivo. Es hablar de la inocuidad de nuestros alimentos y de la fragilidad de un sistema que comienza, silenciosamente, en cada espiga.



Figura 1. Síntomas típicos de la fusariosis de la espiga en trigo. Fotografía: Guillermo García-Barrios.

## DE LA LLUVIA AL PLATO: EL VIAJE INVISIBLE DEL HONGO

Todo comienza en el campo, mucho antes de que el trigo se convierta en harina. En los residuos de cosechas anteriores pueden permanecer esporas de hongos como *Fusarium graminearum*. Son microscópicas, ligeras, casi invisibles, pero cuando el viento sopla o la lluvia salpica el suelo, pueden ser transportadas hasta las espigas sanas (Dweba *et al.*, 2017; Ma *et al.*, 2025).

El momento más delicado es la floración, conocida técnicamente como antesis. Es una ventana breve pero crucial. Si en esos días la humedad supera el 70 % y las temperaturas se mantienen entre 15 y 30 °C, el escenario se vuelve ideal para la infección (Syed *et al.*, 2024; Ma *et al.*, 2025). El hongo penetra a través de los tejidos florales y avanza por el eje central de la espiga, llamado raquis, colonizando progresivamente las espiguillas (Sirangelo, 2024; Lipps *et al.*, 2025).

Una vez dentro del tejido floral, el hongo no solo coloniza la espiga: también sintetiza diversas micotoxinas, entre ellas deoxinivalenol (DON),

nivalenol y zearalenona. Estas sustancias cumplen un papel clave en la infección. En particular, el DON (toxina más estudiada y relevante) actúa como un factor de virulencia que debilita las defensas de la planta y facilita que la enfermedad avance de una espiguilla a otra (Lipps *et al.*, 2025; Ma *et al.*, 2025). Más allá del daño visible en el cultivo, el problema se agrava porque estas toxinas pueden permanecer en el grano aún después de la cosecha.

Aunque la mayor acumulación de toxinas ocurre en el campo, el problema no necesariamente termina en la cosecha. Si el grano se almacena en ambientes con humedad elevada (superior al 85 %) y temperaturas mayores a 25 °C, el hongo puede seguir proliferando y continuar produciendo toxinas (Casu *et al.*, 2024; Yilmaz *et al.*, 2025).

Lo preocupante es que estas micotoxinas son químicamente estables y resisten la mayoría de los procesos industriales y domésticos. Ni la molienda, ni la cocción eliminan completamente el DON de productos como harinas, pan, galletas o cereales (Pestka, 2010; Casu *et al.*, 2024; de Sá *et al.*, 2025). Cuando estos alimentos son consumidos, la toxina ingresa al organismo. El DON actúa uniéndose a los ribosomas de las células, interfiriendo con la síntesis de proteínas, un proceso esencial para la vida (Pestka, 2010; Sirangelo, 2024).

Los efectos pueden ser inmediatos o prolongados.

En exposiciones agudas, se presentan síntomas como náuseas, vómitos, diarrea, dolor abdominal y mareos, de ahí el nombre de “vomitoxina” (Pestka, 2010; Lipps *et al.*, 2025). En exposiciones crónicas a dosis bajas, puede provocar pérdida de apetito, retraso en el crecimiento, debilitamiento del sistema inmunológico e incluso alteraciones reproductivas (Pestka, 2010; de Sá *et al.*, 2025). La sensibilidad varía según la especie. En cerdos, por ejemplo, dosis de apenas 50 a 100 µg por kilogramo de peso corporal pueden inducir el vómito (Pestka, 2010).

Para reducir el riesgo a la salud, distintos países han establecido límites regulatorios para el contenido máximo de DON en granos, harinas y alimentos procesados. Sin embargo, estos valores no son universales: varían según la región y el tipo de producto. Por ejemplo, la Unión Europea y Estados Unidos establecen límites distintos para trigo destinado al consumo humano y para piensos de uso pecuario. En contraste, en México aún no existe una regulación específica que establezca contenidos máximos permisibles de DON en harina de trigo. A nivel internacional, organismos científicos han propuesto una ingesta diaria tolerable provisional de 1 µg por kilogramo de peso corporal al día, como referencia para evaluar el riesgo en humanos (Pestka, 2010; de Sá *et al.*, 2025).

Así, lo que comenzó como una espora transportada por la lluvia puede recorrer un largo camino hasta llegar al plato como se puede observar en la Figura 2. Entender ese trayecto es fundamental para dimensionar por qué la

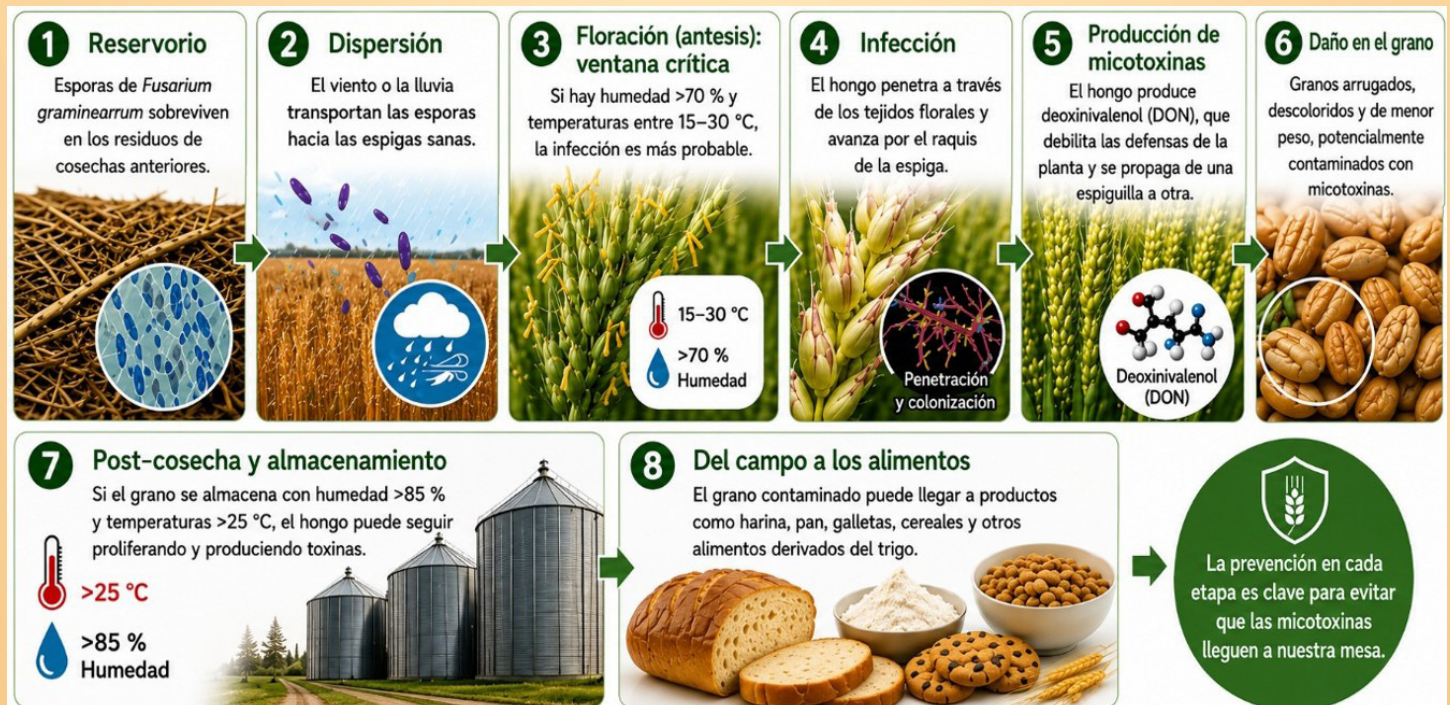


Figura 2. Etapas del proceso mediante el cual la fusariosis de la espiga y sus micotoxinas pueden recorrer la cadena productiva del trigo hasta los alimentos derivados. Elaboración propia con apoyo de inteligencia artificial generativa (ChatGPT, OpenAI).

fusariosis no es solo una enfermedad del cultivo, sino un desafío para la salud pública y la seguridad alimentaria.

### LA CIENCIA CONTRAATAACA: CÓMO SE ESTÁ ENFRENTANDO LA FUSARIOSIS

Si la fusariosis fuera invencible, el panorama sería desalentador. Pero no lo es. En laboratorios, parcelas experimentales y campos agrícolas de todo el mundo, la ciencia lleva años trabajando para reducir su impacto con:

#### 1.- Plantas más fuertes: el poder del mejoramiento genético

Frente a esta enfermedad, una de las estrategias más prometedoras ha sido fortalecer a la propia planta. Sin embargo, la resistencia a la fusariosis de la espiga es un

carácter complejo, es decir, depende de muchos genes de efecto pequeño. Además, se asocia con caracteres agronómicamente indeseables, como mayor altura de planta, madurez tardía y espigas menos compactas.

La investigación genética ha permitido identificar regiones del genoma asociadas con la resistencia a la fusariosis de la espiga, conocidas como QTL (Loci de Caracteres Cuantitativos por sus siglas en inglés) (Syed *et al.*, 2024). Entre los avances más relevantes se encuentra la identificación y clonación de dos loci de resistencia, *Fhb1* y *Fhb7*, que desempeñan un papel clave en la reducción del daño causado por la fusariosis (Sirangelo, 2024; Ma *et al.*, 2025).

No se trata de crear un trigo “invulnerable”, porque hasta ahora no existe inmunidad total, sino de desarrollar



Figura 3. Comparación en campo entre una variedad de trigo susceptible (izquierda) y una variedad resistente (derecha) a la fusariosis de la espiga. La variedad susceptible muestra mayor decoloración y daño en las espigas, mientras que la variedad resistente mantiene una apariencia más uniforme y saludable. Fotografía: Guillermo García-Barrios.

variedades que resistan mejor el avance del patógeno y reduzcan la acumulación de toxinas. La Figura 3 muestra cómo esta resistencia puede reflejarse en una menor decoloración y daño en la espiga.

## 2.- Aliados invisibles: el control biológico

Otra estrategia prometedora consiste en utilizar microorganismos benéficos para frenar al hongo patógeno. Bacterias como *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Streptomyces* así como hongos del género *Trichoderma*, pueden inhibir el crecimiento de *Fusarium* y disminuir los niveles de DON (Dweba *et al.*, 2017; Mattei *et al.*, 2022).

Un avance reciente particularmente interesante es el recubrimiento de semillas con esporas de *Streptomyces* sp. DEF39. Este microorganismo coloniza la planta de manera endofítica, es decir, vive dentro de ella sin dañarla y ha demostrado reducir la severidad de la infección hasta en un 49 % (Mattei *et al.*, 2022). Es como si la planta contara con un guardaespaldas microscópico desde el inicio de su desarrollo.

## 3.- Aplicación oportuna de fungicidas

Los tratamientos químicos siguen siendo una herramienta utilizada en campo. Fungicidas como el tebuconazol o combinaciones de ingredientes activos como epoxiconazol + metconazol, pueden ayudar a disminuir la infección, pero su eficacia depende del momento de aplicación, especialmente durante la floración (Dweba *et al.*, 2017; Syed *et al.*, 2024). Aplicarlo demasiado temprano o demasiado tarde reduce significativamente su efecto. Esto convierte al tiempo en un factor tan importante como el producto mismo (Arzola-Mora *et al.*, 2026).

## 4.- Anticiparse al brote: modelos y satélites

Hoy la lucha también se libra desde el espacio. Se han desarrollado modelos predictivos basados en datos meteorológicos y en imágenes satelitales, como las del sistema Sentinel-2, que permiten estimar el riesgo de brotes a partir de variables como humedad y temperatura (Li *et al.*, 2025; Niaz *et al.*, 2025). Estos sistemas ayudan a los agricultores a tomar decisiones informadas y actuar antes de que la enfermedad avance. En lugar de reaccionar al daño, pueden anticiparse.

## 5.- ¿Y el trigo transgénico?

La biotecnología también ha explorado soluciones innovadoras. En Estados Unidos se han introducido

genes como *FgTRI101*, capaces de transformar el DON en compuestos menos tóxicos, lo que mejora significativamente la resistencia de la planta frente a la enfermedad (Yulfo-Soto *et al.*, 2024). Aunque estos desarrollos aún enfrentan debates regulatorios y sociales, muestran el potencial de la ingeniería genética como herramienta complementaria.

## MIRANDO HACIA EL FUTURO: LA PREVENCIÓN COMIENZA EN EL CAMPO

A pesar de estos avances, ningún método por sí solo es suficiente. La evidencia científica señala que la estrategia más efectiva es el manejo integrado, que combine mejoramiento genético, prácticas agrícolas, control biológico y manejo postcosecha (Yilmaz *et al.*, 2025).

La rotación de cultivos, labranza profunda y el uso de cultivares o líneas mejoradas resistentes son medidas fundamentales. Además, el almacenamiento correcto, con humedad y temperatura controladas, es crucial para evitar que el hongo continúe desarrollándose tras la cosecha (Yilmaz *et al.*, 2025). Esto requiere coordinación entre productores, industria, investigadores y autoridades sanitarias.

### 1.- Resistencia genética mediante piramidación

En lugar de depender únicamente de un gen como *Fhb1* o *Fhb7* los mejoradores proponen combinar varios genes de resistencia parcial en un mismo cultivar, estrategia conocida como “piramidación”. Esta combinación puede generar una defensa más estable y duradera frente a los patógenos (Sirangelo, 2024; Ma *et al.*, 2025). Es similar a reforzar una muralla con múltiples capas en lugar de confiar en un solo muro.

### 2.- Regulación, vigilancia y educación

Finalmente, fortalecer la regulación y el monitoreo de micotoxinas es esencial, especialmente en países en desarrollo (Niaz *et al.*, 2025; Yilmaz *et al.*, 2025). Compartir datos a nivel internacional mejora la vigilancia global. Paralelamente, la capacitación de agricultores para reconocer síntomas tempranos y evitar el uso de granos visiblemente afectados es una medida preventiva fundamental (Yilmaz *et al.*, 2025).

La fusariosis de la espiga no desaparecerá por completo. Pero cada avance científico, cada línea mejorada y cada decisión informada en el campo reducen el riesgo. En la batalla por la seguridad alimentaria, el conocimiento es la herramienta más poderosa.

### 3.- Cuidar el trigo es cuidarnos: una responsabilidad compartida

El trigo parece algo cotidiano. Está en la tortilla de harina del desayuno, en el pan dulce de la tarde, en la pasta del domingo en familia. Es tan común que rara vez pensamos en todo lo que tuvo que pasar para llegar hasta nuestra mesa. Pero detrás de cada grano hay una historia. Una historia de viento que transporta esporas invisibles. De lluvias que, en el momento equivocado, abren la puerta a un hongo agresivo y especializado. De científicos que, en laboratorios y campos experimentales, buscan genes para fortalecer la planta. De agricultores que miran el cielo y deciden cuándo sembrar, cuándo aplicar un tratamiento, cuándo cosechar.

La próxima vez que partamos un pan o sirvamos un plato de pasta, quizá valga la pena recordar que la seguridad de ese alimento no es casualidad, sino del conocimiento científico, la vigilancia, el trabajo de los agricultores y la colaboración de numerosas personas a lo largo de la cadena productiva.

### CONCLUSIÓN

A pesar de los avances científicos, todavía no se dispone de fuentes de resistencia completa ni de una solución única contra la fusariosis de la espiga. Su control requiere un enfoque integral que combine prácticas agronómicas, fungicidas cuando sean necesarios, cultivares menos susceptibles y programas de mejoramiento genético bien orientados. Más que un problema exclusivamente fitosanitario, la fusariosis de la espiga es un desafío que conecta producción, calidad del grano e inocuidad alimentaria. Entender esa complejidad es clave para enfrentarla mejor.

### GLOSARIO

**DON (deoxinivalenol):** Micotoxina producida por algunas especies de *Fusarium* que puede contaminar los granos y representar un riesgo para la salud humana y animal.

**Fungicida:** Sustancia o producto utilizado para prevenir, controlar o eliminar hongos que causan enfermedades en las plantas.

**Fusariosis:** Enfermedad causada por hongos del género *Fusarium* que afecta diversos cultivos y puede reducir el rendimiento y la calidad de los granos.

**Hexaploide:** Organismo que posee seis juegos completos de cromosomas (6x). El trigo panadero (*Triticum aestivum*) es una especie hexaploide.

**Inocuidad alimentaria:** Condición que garantiza que un alimento es seguro para el consumo humano y no representa un riesgo para la salud.

**Loci:** Plural de *locus*. Son las posiciones específicas que ocupan genes o marcadores genéticos en cromosomas.

**Micotoxinas:** Sustancias tóxicas producidas por ciertos hongos que pueden contaminar los alimentos y afectar la salud de las personas y los animales.

**Patógeno:** Organismo capaz de causar enfermedades en plantas, animales o seres humanos.

**QTL (Quantitative Trait Locus):** Región del ADN asociada con una característica cuantitativa, como el rendimiento, altura de la planta o la tolerancia a la sequía. Un QTL puede contener uno o varios genes que influyen en ese rasgo.

**Resistencia genética:** Capacidad heredable de una planta para limitar el desarrollo o los daños causados por un patógeno.

**Tetraploide:** Organismo que posee cuatro juegos completos de cromosomas (4x). El trigo duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum*), utilizado principalmente para elaborar pasta y cuscús, es una especie tetraploide.

**Virulencia:** Grado o capacidad de un microorganismo para infectar a un organismo y causar enfermedad.

## REFERENCIAS

- Arzola-Mora, V. M., Villaseñor-Mir, H. E., Carranza-González, S., Sánchez-Abarca, C., Hortelano-Santa-Rosa, R., Huerta-Espino, J., Rodríguez-Contreras, M. E., Singh, P. K., & He, X. (2026). Estrategias para reducir pérdidas por tizón de la espiga causado por *Fusarium graminearum* en trigo harinero. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 44(2). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2510-3>
- Casu, A., Camardo Leggieri, M., Toscano, P., & Battilani, P. (2024). Changing climate, shifting mycotoxins: A comprehensive review of climate change impact on mycotoxin contamination. En *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 23, Número 2). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323>
- Cerón-Bustamante, M., Ward, T. J., Kelly, A., Vaughan, M. M., McCormick, S. P., Cowger, C., Leyva-Mir, S. G., Villaseñor-Mir, H. E., Ayala-Escobar, V., & Nava-Díaz, C. (2018). Regional differences in the composition of *Fusarium* Head Blight pathogens and mycotoxins associated with wheat in Mexico. *International Journal of Food Microbiology*, 273, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.003>
- de Sá, S. V. M., Fernandes, J. O., Faria, M. A., & Cunha, S. C. (2025). Assessment of Mycotoxins in Infants and Children Cereal-Based Foods: Dietary Exposure and Potential Health Risks. *Exposure and Health*, 17(2), 425–444. <https://doi.org/10.1007/s12403-024-00668-y>
- Dweba, C. C., Figlan, S., Shimelis, H. A., Motaung, T. E., Sydenham, S., Mwadzingeni, L., & Tsilo, T. J. (2017). *Fusarium* head blight of wheat: Pathogenesis and control strategies. En *Crop Protection* (Vol. 91, pp. 114–122). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.002>
- He, X., Gahtyari, N.C., Roy, C., Dababat, A.A., Brar, G.S., Singh, P.K. (2022). Globally Important Non-rust Diseases of Wheat. In: Reynolds, M.P., Braun, H.J. (eds) *Wheat Improvement*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_9)
- Li, S., Dong, P., Zhang, H., Xu, X., Shi, L., Sun, T., Qiao, H., Yue, J., & Guo, W. (2025). Integrating ecological niche and epidemiological models to predict wheat fusarium head blight using remote sensing and meteorological data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110255>
- Lipps, S., Bohn, M., Rutkoski, J., Butts-Wilmsmeyer, C., Mideros, S., & Jamann, T. (2025). Comparative Review of *Fusarium graminearum* Infection in Maize and Wheat: Similarities in Resistance Mechanisms and Future Directions. En *Molecular Plant-Microbe Interactions* (Vol. 38, Número 2, pp. 142–159). American Phytopathological Society. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-24-0083-F1>
- Ma, H., Liu, Y., Zhang, S., Sha, J., Sun, Y., Hu, Z., Gong, L., Dai, Y., Gao, Y., Wang, Y., & Ma, H. (2025). Wheat resistance to *Fusarium* head blight and breeding strategies. *Crop Health*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44297-025-00048-1>
- Mattei, V., Motta, A., Saracchi, M., Kunova, A., Cortesi, P., Pizzatti, C., & Pasquali, M. (2022). Wheat Seed Coating with *Streptomyces* sp. Strain DEF39 Spores Protects against *Fusarium* Head Blight. *Microorganisms*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081536>
- Niaz, W., Iqbal, S. Z., Ahmad, K., Majid, A., Haider, W., & Li, X. (2025). Mycotoxins: A comprehensive review of its global trends in major cereals, advancements in chromatographic detections and future perspectives. En *Food Chemistry: X* (Vol. 27). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102350>
- Pestka, J. J. (2010). Deoxynivalenol: Mechanisms of action, human exposure, and toxicological relevance. En *Archives of Toxicology* (Vol. 84, Número 9, pp. 663–679). <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0579-8>
- Sirangelo, T. M. (2024). Molecular Investigations to Improve *Fusarium* Head Blight Resistance in Wheat: An Update Focusing on Multi-Omics Approaches. En *Plants* (Vol. 13, Número 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants13162179>
- Syed, S., Aleliñnas, A., Lillemo, M., & Gorash, A. (2024). Analyses of Wheat Resistance to *Fusarium* Head Blight Using Different Inoculation Methods. *Agronomy*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy14102415>
- Vitale, P., Crossa, J., Vaccino, P., & De Vita, P. (2024). Defining the target population of environments for wheat (*TRITICUM AESTIVUM* L.) breeding in Italy based on historical data. *Plant Breeding*, 143(4), 518–533. <https://doi.org/10.1111/pbr.13192>
- Yilmaz, N., Verheecke-Vaessen, C., & Ezekiel, C. N. (2025). Mycotoxins: An ongoing challenge to food safety and security. *PLOS Pathogens*, 21(11). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1013672>
- Yulfo-Soto, G., McCormick, S., Chen, H., Bai, G., Trick, H. N., & Hao, G. (2024). Reduction of *Fusarium* head blight and trichothecene contamination in transgenic wheat expressing *Fusarium graminearum* trichothecene 3-O-acetyltransferase. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1389605>

## AUTORES

Norma Cecilia Morales-Elias

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo,  
Texcoco, Estado de México, México  
Programa de Posgrado en Botánica  
morales.norma@colpos.mx  
ORCID: 0000-0002-1686-7069

Guillermo García-Barrios

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo,  
Texcoco, Estado de México, México  
garcia.guillermo@colpos.mx  
ORCID: 0000-0002-7571-1769