

## CONSTRUCCIÓN DE UN SITIO WEB PARA LA ENSEÑANZA DE HONGOS EN CEREALES Y MICOSIS OCUPACIONALES

María Cristina Julia Pérez-Reyes<sup>1\*</sup>, Gabriela Sánchez-Hernández<sup>1</sup>, Elva Bazán-Mora<sup>2</sup>,  
Juan Espinosa-Rodríguez<sup>3</sup> y José Luis Garza-Rivera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM*

<sup>2</sup>*Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina. UNAM*

<sup>3</sup>*Coordinación de Bibliotecas y Hemerotecas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM*

[\\*crisp28@yahoo.com.mx](mailto:crisp28@yahoo.com.mx)

### Resumen

La seguridad e inocuidad alimentaria son una prioridad en los últimos años, especialmente por los efectos del cambio climático a nivel mundial en los cultivos agrícolas y la calidad de los alimentos, lo cual puede causar riesgos de migración de patógenos como los hongos, provocando una serie de cambios en las propiedades de los cereales, favoreciendo la producción de micotoxinas y micosis ocupacionales en el humano, debido a que el personal relacionado con la producción de granos y semillas se encuentra expuesto, en mayor o menor grado, a los bioaerosoles que se forman en las diferentes actividades agrícolas. Con la construcción de un sitio web se facilitará el aprendizaje de la relación que existe entre hongos microscópicos y los cultivos de cereales, así como, sus implicaciones en la alimentación y salud pública, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje y las destrezas cognitivas a través de contenidos digitales abiertos. Asimismo, brindará la posibilidad de acceder a unidades de aprendizaje con conocimientos de conceptos básicos de la importancia de los hongos que invaden los cereales y afectan la cadena agroalimentaria, un glosario ilustrado, con términos especializados, una guía ilustrada para hongos comunes en granos de cereales; vídeos, objetos de autoevaluación al final de cada unidad de aprendizaje, entre otros. Los contenidos propuestos en este sitio web tendrán menús de navegación en donde las y los estudiantes encontrarán los temas de su interés, además de ser un diseño limpio con suficiente espacio para facilitar la lectura en dispositivos digitales móviles. Fomentando

el aprendizaje educativo interactivo de manera síncrona o asíncrona, dejando de ser un proceso únicamente de memorización en el aula, en donde las y los estudiantes aprenderán y controlarán sus propias estrategias con el objeto de modificarlo y/o mejorarlo.

**Palabras clave:** micotoxinas, granos, autoevaluación, producción, aprendizaje.

### Introducción

El cambio climático representa una amenaza fundamental para la seguridad alimentaria a nivel mundial, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza (Bárcena, 2014). Modelos climáticos han proyectado en algunas regiones geográficas una disminución de la precipitación en verano, un aumento en la temperatura y concentración de CO<sub>2</sub>, lo que podría dar como resultado episodios de estrés y sequía en los cultivos, aumentando el riesgo de migración de organismos patógenos y la producción de micotoxinas (Magan et al., 2011; Sanchis, 2021). La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera que un 25% del total de los cultivos a nivel mundial son afectados por hongos toxígenos, provocando en el humano y animales micotoxicosis agudas y crónicas. Además, la presencia de hongos durante el manejo de granos puede ocasionar micosis ocupacionales, en el sector salud se calcula que 4.8 millones de personas inmunodeprimidas padecen aspergilosis broncopulmonar alérgica y 400,000 aspergilosis pulmonar crónica, a nivel mundial (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2019). La divulgación apropiada de este contenido a través de un sitio web ayudará a conocer y crear conciencia sobre los puntos críticos de seguridad alimentaria, salud y buenas prácticas agrícolas; facilitando el proceso de enseñanza aprendizaje en esta área de conocimiento.

### Objetivo

Dar a conocer la problemática de la presencia de hongos toxígenos en la cadena alimentaria y sus repercusiones económicas significativas en el sector de la industria

agroalimentaria y la salud pública, a través de un sitio web y actividades lúdicas de autoevaluación en línea.

### Importancia de los cereales y hongos toxígenos

Los cereales son empleados en la alimentación humana por su valor nutrimental como fuente importante de carbohidratos complejos, vitaminas, minerales y fibra. El maíz, trigo y arroz representan el 80% de la producción a nivel mundial. Durante su formación en el campo pueden ser afectados por enfermedades causadas por hongos, una de las más destructivas es la fusariosis producida por especies de *Fusarium* potencialmente productoras de micotoxinas como las fumonisinas (FU) B1 y B2, asociadas a cáncer de esófago en humanos y en animales leucoencefalomacia y edema pulmonar, la zearalenona (ZEA) con efecto estrogénico, la T-2 y HT-2 producen la aulequia tóxica (ATA) y el deoxinivalenol (DON) causante de alteraciones gastrointestinales e inmunológicas (Organización Mundial de la Salud, 2023). Otros hongos de campo comunes, además de *Fusarium*, en granos de cereales pequeños, son *Alternaria* y *Helminthosporium*, agentes causales de la punta negra con una distribución mundial. *Alternaria* es productor de micotoxinas como el alternariol (AOH), monometil éter de alternariol (AME), ácido tenuazónico (TeA) y alvertoxinas (ATX) con efectos genotóxicos y teratógenos (Arcella et al., 2016). En la poscosecha los cereales son almacenados en bodegas o silos por cierto periodo, antes de ser utilizados en la alimentación. Si estos granos no están en condiciones adecuadas de almacenamiento, se desarrollan especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, causando deterioro y producción de micotoxinas, como las aflatoxinas (AFA) B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> consideradas carcinógenas (IARC Grupo 1), mientras que la AFA M1 y ocratoxina A (OTA) presentan efecto posiblemente carcinogénico (IARC Grupo 2-B). La presencia de micotoxinas en la cadena alimentaria es un riesgo de salud pública. Los principales factores que intervienen en la proliferación fúngica y la contaminación con micotoxinas son la humedad, temperatura, susceptibilidad del cultivo, madurez de los granos al momento de la cosecha, daños mecánicos y tipo de almacenamiento.



## Legislación internacional y control de micotoxinas

Las micotoxinas han sido estudiadas para estimar el daño que pueden causar en humanos y animales; así como para determinar las cantidades de ingesta diaria tolerable. La normatividad o legislación sobre la presencia de estas toxinas no se da de igual manera en todo el mundo, cada país o agrupaciones de estos, tiene diferentes límites máximos de concentraciones permitidas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda a las autoridades gubernamentales para que se supervise y garantice que los niveles de micotoxinas presentes en alimentos que se comercializan en sus países sean mínimos, y cumplan con los niveles máximos permitidos, las condiciones y legislaciones nacionales e internacionales (Organización Mundial de la Salud, 2023). Las más frecuentes en alimentos son: AFA (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>), OTA, PAT, citrinina (CIT), FUM, ZEA, nivalenol (NIV) y deoxinivalenol (DON). Un rubro importante en la cadena agroalimentaria es la inocuidad del producto. Es así como la Comisión Europea ha establecido los niveles máximos de presencia de micotoxinas en alimentos tanto para humanos como animales, asegurando así la inocuidad de estos; y sus normas son las más estrictas a nivel mundial (0.025 µg/kg de aflatoxina M<sub>1</sub>, en alimentos infantiles). En México solo se han regulado las aflatoxinas en maíz y materias primas con 12 µg/kg en consumo para humanos y 200 µg/kg para forraje (NOM-187-SSA1/SC-2002). En la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos de aflatoxinas establecidos por diferentes países.

**Tabla 1. Límites máximos permitidos en diferentes países de aflatoxinas en cereales, oleaginosas y leche (EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), 2006; Secretaría de Salud, 2003; VICAM, 2023)**

PAÍS	MATERIA	AFLATOXINAS		
		TOTALES	B <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Estados Unidos de América	Materia prima agrícola	20		0.5
Canadá	Arroz, cacahuete y nueces para consumo humano	15		
México	Maíz nixtamalizado	12		
Barbados	Materias primas y los alimentos para ganado	50		
Chile	Maíz no elaborado	10		
Inglaterra	Maíz, cacahuete, cereales procesados Comida y/o fórmula infantil y suplemento dietético	4	2 0.1	0.03
Alemania	Cereales procesados y nueces de tierra Comida para infantes, fórmula y suplemento dietético	4 0.1	4 0.03	
Arabia Saudita	Cacahuete, almendras, nuez de Brasil con cáscara, pistaches y avellana para proceso	15		
Sudáfrica	Todas las materias primas para consumo humano	10	5	
Australia y Federación Rusa	Cacahuete y nueces	15		
China	Maíz, cacahuete y aceite de cacahuete	20		

### Micosis ocupacional

En el área agroalimentaria, los bioaerosoles, los accidentes con herramientas o material vegetal, entre otras situaciones, favorecen el desarrollo de micosis en el personal de la cadena agroalimentaria. Un propágulo fúngico, ya sea una espora, un fragmento de hifa entre otros, son el inóculo que tiene la capacidad de adherirse a algún tejido del personal. Estas estructuras son fundamentales para el desarrollo del hongo e inicie los signos y síntomas de las diversas micosis. En la piel, uñas y pelo se pueden desarrollar micosis superficiales o pueden colonizar la córnea, así como los conductos auditivos; cuando la inoculación es por un traumatismo que rompe la barrera de la piel, se originan micosis

subcutáneas como la esporotricosis, cromoblastomicosis, feohifomicosis o hialohifomicosis (Bonifaz, 2020). Si el inóculo es inhalado, puede adherirse al parénquima pulmonar, originando diversos cuadros clínicos con diseminación a diferentes órganos sólidos. El género *Aspergillus* ha sido descrito con menor o mayor frecuencia en todos los tipos de micosis porque es un hongo muy constante en los bioaerosoles de las diferentes actividades del sector agroalimentario (El-Baba et al., 2020). Uno o varios factores de inmunodeficiencia del paciente, la falta de experiencia en el diagnóstico de las micosis, así como la carencia de ensayos con antifúngicos específicos para conocer la sensibilidad del hongo involucrado, son los factores más frecuentes en un mal pronóstico de las micosis ocupacionales. Las recomendaciones son descritas en diversos manuales de trabajo, como son el uso de guantes, gafas protectoras, mascarillas, botas, entre otras (EstrucPlan, 2012).

### Diseño del sitio web

Este proyecto plantea la necesidad de incorporar una cantidad considerable de material gráfico como mapas, gráficas, tablas y estadísticas. Decidimos orientar el diseño hacia una propuesta con una galería de imágenes cuya función permita mostrar grupos de infografías desde diferentes ventanas emergentes. Es pertinente tomar en cuenta que la función antes descrita, no se encuentra disponible de manera natural en el lenguaje HTML, haciendo necesario integrar software compatible a través de JavaScript; de acuerdo con desarrolloweb.com (Desarrolloweb.com, s/f), este software permite incorporar efectos y elementos interactivos, posibilitando la ampliación de los alcances en el desarrollo de proyectos enfocados a la web. Por lo anterior, decidimos disponer de una plantilla basada en el Framework de Bootstrap 5.0, obtenida en el sitio “Start Bootstrap” (Strart Bootstrap, 2023), la cual cuenta con la funcionalidad requerida y mencionada anteriormente.

Start Bootstrap es un sitio web al cual se accede desde el enlace (<https://startbootstrap.com/>), de acuerdo con la información disponible en el mismo, se indica que es posible descargar y obtener temas, plantillas y otras herramientas de

interfaz de usuario en Bootstrap, lo cual brinda al desarrollador de una guía o ayuda al comienzo de un nuevo proyecto.

El material disponible en este sitio es de código abierto, sustentado bajo una licencia por Massachusetts Institute of Technology (MIT), la cual es posible utilizar por ser un software libre, ampliamente reconocida y permisiva; dicha plantilla es 100% editable, permitiendo modificar y adaptar el código original a las necesidades del proyecto (Open Source Initiative, s/f).

Dentro de la galería del sitio de Start Bootstrap, podemos ubicar la plantilla bajo el nombre de “Agency”, la cual contiene una sección llamada “Portfolio”, con la funcionalidad que permite abrir ventanas emergentes. Esta herramienta fue de mucha utilidad en la construcción de nuestro proyecto, al hacer posible la presentación de las tablas y gráficas disponibles desde una galería de imágenes previamente establecida.

A continuación, podemos observar en la Figura 1 la sección Portfolio en su forma original editable. En la Figura 2 se muestra ya modificada y adaptada a nuestro proyecto web.

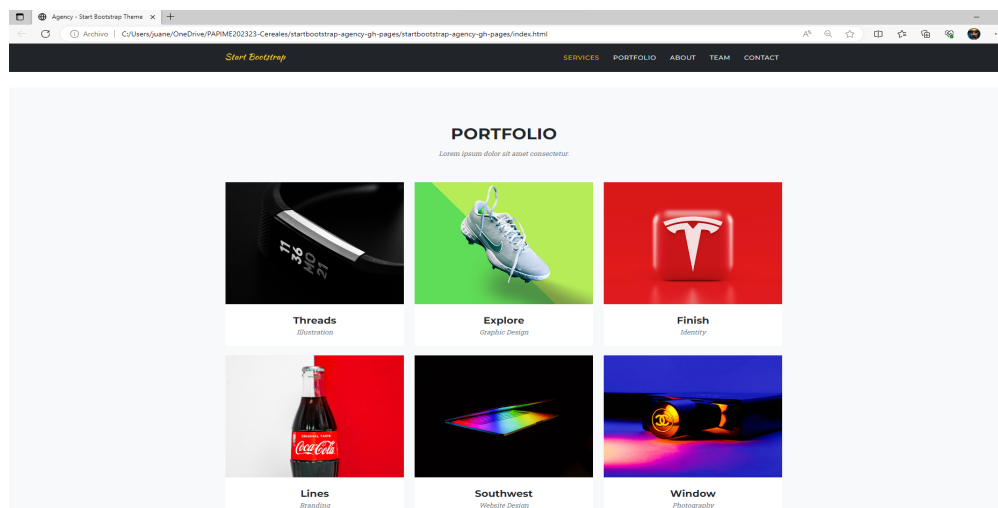


Figura 1. Captura de pantalla de la plantilla con la sección “Portfolio” en su forma original antes de ser editada.





**Figura 2. Captura de pantalla de la misma sección “Portfolio”, después de ser editada y renombrada como “Nivel de producción por estado de la república mexicana”.**

### Ejercicios de autoevaluación

Para la construcción de los ejercicios de autoevaluación se seleccionó la plataforma H5P, debido a la facilidad de crear actividades interactivas que puedan ser insertadas en un formato responsivo dentro de un sitio web. H5P es una herramienta que se integra a varios sistemas de administración de aprendizaje como Moodle, Blackboard, Canvas, entre otros, o directamente a HTML5. Funciona bajo una licencia MIT de código abierto y gratuita (Joubel, 2023). H5P permite la incorporación de varios tipos de contenidos interactivos como son: crucigramas, actividades de completar textos, juegos de memoria, arrastrar y soltar, tarjetas, entre otras.

En este proyecto se incluye directamente el código H5P en el sitio para darle independencia y mantener todo su contenido dentro del espacio institucional. Para lograr dicho propósito se emplea la aplicación multiplataforma gratuita (Lumi Education, 2023) que permite generar código JavaScript local. Los ejercicios de autoevaluación están en la fase de planeación, se desarrollarán para cada uno de los subtemas y se colocarán al final para que el usuario del sitio pueda verificar la comprensión de los materiales expuestos.



## Conclusión

Con la construcción de un sitio web responsivo se fortalecerá el proceso de enseñanza-aprendizaje y destrezas cognitivas a través de contenidos digitales abiertos de granos de cereales de importancia agroalimentaria, sus implicaciones en la salud pública referentes a la inocuidad, así como la presencia de micotoxinas, su legislación y las micosis ocupacionales. En este proyecto se emplearon diferentes herramientas informáticas para compilar una gran cantidad de datos que fueron analizados y depurados para ser resumidos y plasmados en mapas, gráficas y tablas informativas, en formatos interactivos.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de UNAM-DGAPA-PAPIME con el proyecto PE202323, ¿Qué hongo con los cereales?: su impacto en la industria agroalimentaria y la salud. También a la D.G. Luz Gabriela Flores Sánchez por las ilustraciones digitales y animaciones.

## Referencias

- Arcella, D., Eskola, M., & Gómez Ruiz, J. A. (2016). Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population. *EFSA Journal*, 14(12).  
<https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2016.4654>
- Bárcena, A. (2014). *Hacia una agenda para el desarrollo post-2015 Contexto para la reunión*.  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/plen.29\\_consultarendicioncuentasagdespost2015.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/plen.29_consultarendicioncuentasagdespost2015.pdf)
- Bonifaz, A. (2020). *Micología Médica Básica* (6a ed.). McGraw Hill. Interamericana.
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, C. N. de E. I. E. y Z. D. de E. T. por los A. el A. y el M. (2019). *Aspergillosis Statistics | Aspergillosis | Types of Fungal Diseases | Fungal Diseases | CDC*.  
<https://www.cdc.gov/fungal/diseases/aspergillosis/spanish/statistics.html>
- Desarrolloweb.com. (s/f). *Javascript*. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://desarrolloweb.com/home/javascript>
- EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). (2006). *Commission Regulation (EC) No 401/2006 of 23 February 2006 laying down the methods of sampling and*

*analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs.*

[https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/mycotoxins\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/mycotoxins_en)

El-Baba, F., Gao, Y., & Soubani, A. O. (2020). Pulmonary Aspergillosis: What the Generalist Needs to Know. En *American Journal of Medicine* (Vol. 133, Número 6, pp. 668–674). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.02.025>

EstrucPlan. (2012). *Riesgos y prevención de patologías laborales en las plantas de acopio de granos – Estrucplan*. <https://estrucplan.com.ar/riesgos-y-prevencion-de-patologias-laborales-en-las-plantas-de-acopio-de-granos/>

Joubel. (2023). *H5P*. <https://h5p.org/content-types-and-applications>

Lumi Education. (2023). *Lumi*. <https://lumi.education/>

Magan, N., Medina, A., & Aldred, D. (2011). Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. En *Plant Pathology* (Vol. 60, Número 1, pp. 150–163). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02412.x>

Open Source Initiative. (s/f). *The MIT License*. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://opensource.org/license/mit/>

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Micotoxinas*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

Sanchis, V. (2021). Cambio climático y micotoxinas ¿Sabemos lo suficiente? *Revista de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Castilla y León*, 75, 10–15.

Secretaría de Salud. (2003, agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba*. DOF- Diario Oficial de la Federación. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0)

Strart Bootstrap. (2023). *Free Bootstrap Themes, Templates, Snippets, and Guides - Start Bootstrap*. <https://startbootstrap.com/>

VICAM. (2023). *Worldwide Mycotoxin Regulations Tool*.

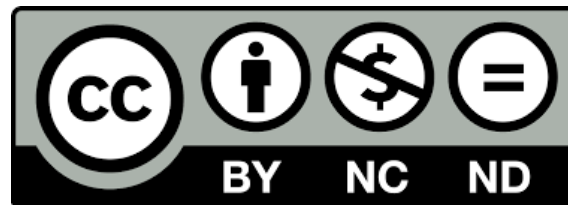
<https://www.commodityregs.com/index.php?showmap=true&app=&rand=true>



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



#### ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

#### FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Pérez-Reyes, M. C. J., Sánchez-Hernández, G., Bazán-Mora, E., Espinosa-Rodríguez, J., y Garza-Rivera, J. L. (2023). Construcción de un sitio web para la enseñanza de hongos en cereales y micosis ocupacionales. *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 6, No. 6, septiembre 2023 - agosto 2024. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

[https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2023/Mem2023\\_Paper01-E.html](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2023/Mem2023_Paper01-E.html)