

## Guía para el manejo de la FUSARIOSIS DE LA ESPIGA EN TRIGO

La Fusariosis de la espiga (FE) es una enfermedad que periódicamente afecta la producción de trigo cuando ocurren condiciones climáticas favorables (lluvias frecuentes y temperaturas cálidas) durante la floración y llenado de grano. Esta enfermedad puede provocar pérdidas económicas severas en todos los eslabones de la cadena agroindustrial como consecuencia de mermas en los rendimientos de grano, disminución de la calidad física e industrial del mismo y menor inocuidad en el producto final debido a las toxinas producidas por el hongo que la causa (*Fusarium*) que son nocivas para la salud. La especie más frecuente en Uruguay es *Fusarium graminearum* y las principales toxinas que produce son el deoxinivalenol (DON) y la zearalenona (ZEA).

### SINTOMAS

La enfermedad se evidencia en las espigas, granos y a veces en pedúnculos. Los síntomas característicos en espigas son una decoloración prematura de las espiguillas infectadas, pudiendo llegar a tomar toda la espiga. Figura A. Si las espiguillas han sido infectadas tempranamente, se desarrollan masas de esporas rosado-salmón Figura B y eventualmente, estructuras oscuras (peritecios) al momento de la cosecha, Figura C. Luego que una espiguilla fue infectada, la enfermedad puede extenderse a otras espiguillas de la espiga.



Figura A



Figura B



Figura C



Figura D

Los granos infectados luego de cosechados se muestran más o menos chuzos, con una coloración blanco-rosada a pardo clara (Figura D). Las infecciones que ocurren más tempranamente generalmente matan las florecillas y el grano no se desarrolla, mientras que aquellas infectadas más tardíamente contendrán granos arrugados o chuzos. Si la infección ocurre luego del llenado del grano, el desarrollo del mismo no es afectado, pero el hongo está presente y los niveles de DON pueden llegar a ser significativos.

### CONDICIONES QUE PREDISPONEN A LA FUSARIOSIS DE LA ESPIGA

La fuerza motora para el desarrollo de la enfermedad son **condiciones de humedad alta al momento de floración de los cultivos** y luego durante el llenado de grano que favorecen la infección y el desarrollo de la enfermedad. Espigas mojadas durante dos a tres días y temperaturas óptimas de 22 a 28°C son suficientes para producir infección. Sin embargo, el rango de temperatura en que se puede producir infección siempre que haya agua libre sobre las espigas es de 10 a 30°C.

Si bien las condiciones climáticas son decisivas en el desarrollo de epidemias de FE, existen otros factores que contribuyen a una mayor incidencia de la enfermedad. La presencia de grandes volúmenes de rastrojos de cultivos susceptibles u otras gramíneas (pasturas, malezas) que permanecen sobre la superficie del suelo, representan una fuente de inóculo permanente. En especial los rastrojos de trigo, cebada y maíz constituyen un reservorio importante del *Fusarium graminearum* e incrementan significativamente la carga de inóculo en nuestros sistemas de producción, Figura E y F. El rastrojo de soja puede también mantener al hongo y producir inóculo primario.

Otro factor que contribuye al rápido desarrollo de la FE son los cultivares de trigo susceptibles a esta enfermedad. Afortunadamente, gracias al énfasis puesto en la liberación de variedades con niveles de resistencia genética aceptable a FE, disponemos a nivel comercial de varias adaptadas, con buen potencial de rendimiento de grano y de calidad industrial adecuada.



**Figura E**



**Figura F**

## **PRINCIPALES TOXINAS PRODUCIDAS POR LA FUSARIOSIS DE LA ESPIGA EN NUESTRAS CONDICIONES**

### **¿QUÉ ES EL DON?**

El DON (deoxinivalenol) o también llamada vomitoxina por los síntomas que puede ocasionar, es una micotoxina producida por *F. graminearum* y pertenece al grupo de los tricotecenos. Las micotoxinas son compuestos tóxicos derivados del metabolismo secundario de los hongos.

### **¿Qué efecto tiene el DON en la salud humana?**

Para que los alimentos con DON representen un riesgo a la salud humana deben ser ingeridos en grandes cantidades. Si bien el DON no es de los tricotecenos más tóxicos, tampoco es inocuo ya que inhibe la síntesis de proteínas. Puede producir efectos agudos como rechazo al alimento y vómitos. En China e India se registraron casos de intoxicación aguda asociados a la ingesta de grano contaminado con *Fusarium* y niveles altos de DON. Los síntomas asociados fueron malestar digestivo, diarrea, vómitos, mareos y cefaleas. La predisposición aumenta en casos de desnutrición y defensas bajas. Se debe tener en cuenta que el DON no se distribuye homogéneamente en el grano, su concentración es mayor en la "cáscara" por lo que alimentos con salvado constituyen un mayor riesgo.

En el país el Decreto N°533/001 referente a DON en alimentos establece 1 mg/kg (1 ppm) como límite máximo para la toxina en harina de trigo, subproductos y alimentos elaborados en base a trigo.

La manipulación de granos altamente contaminados con *Fusarium* puede provocar alergias y problemas respiratorios.

### **¿Cómo afecta el DON a los animales?**

La presencia de las toxinas generadas por el hongo en los alimentos destinados a la nutrición de rumiantes puede causar efectos no deseados en los niveles de

producción, tanto de carne como de leche. Los afrechillos, granos vanos, descartes y cuartas contienen normalmente valores que duplican o más que duplican a los originales en grano. Estos alimentos pueden presentar mayor riesgo y por lo tanto se deben extremar las medidas preventivas.

Las especies animales más afectadas en orden de susceptibilidad son suinos, aves, bovinos, ovinos. Las categorías más afectadas son las más jóvenes y las más exigidas productivamente (terneros, vacas de alta producción, vacas recién paridas).

Los síntomas causados por esta toxina en animales son un menor consumo, rechazo del alimento, menores ganancias de peso o producción de leche, una baja en las defensas y en casos extremos vómitos. Factores de estrés como calor excesivo, desnutrición, hacinamiento, bajas defensas, aumentan la predisposición a la intoxicación animal.

A pesar de los altos niveles de seguridad en EEUU y Canadá, en donde no se aceptarían para alimentación animal niveles mayores o iguales a 4 ppm, dietas de 10 ppm de DON no mostraron efectos negativos en ganado vacuno de carne. Del mismo modo, dietas con 10.5 ppm de DON en ensayos de 18 semanas no fueron rechazadas por los animales. Con niveles de hasta 66 ppm de DON en la dieta de ganado lechero se detectaron trazas en orina y heces y no se detectó en leche. En ovejas se mencionan valores hasta 15 ppm y en novillos en terminación hasta 18, sin presentar síntomas visibles.

Por resolución ministerial del MGAP se estableció un límite máximo de DON de 10mg/kg (10 ppm) para las materias primas destinadas a la elaboración de alimentos para animales (granos y sus subproductos). La misma resolución establece un límite máximo en alimentos para bovinos de carne, ovinos y aves de 5 mg/kg (5 ppm), para bovinos de leche de 2 mg/kg (2 ppm), para cerdos y equinos de 1 mg/kg (1 ppm) y para otros animales de 2 mg/kg (2 ppm).

### **¿QUÉ ES LA ZEA?**

La ZEA (zearalenona) es una micotoxina producida por *F. graminearum* y por otras especies del género *Fusarium*, perteneciente a los metabolitos secundarios derivados de los poliketidos, con efectos estrogénicos y anabólicos.

### **¿Qué efecto tiene en la salud humana?**

La información relacionada al efecto de esta toxina en humanos es muy escasa y la mayoría es extrapolada de estudios realizados en animales. En nuestro país, el Decreto 315/994 - Reglamento bromatológico para alimentos de consumo humano hace referencia a niveles de tolerancia de 0.2 mg/kg (0.2 ppm) de ZEA para maíz y cebada.

### **¿Cómo afecta la ZEA a los animales?**

Causa hiperestrogismo en cerdos, afectando la performance reproductiva de los mismos, ya sea causando problemas de fertilidad a través de la ausencia de celos, estros prolongados, la baja de libido, y otros como la inflamación de la vulva, prolapso de la vulva y rectal, abortos e incoordinación de patas traseras.

Nuevamente la especie animal más afectada en orden de susceptibilidad son los suinos, ovinos, aves, bovinos

## MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA FUSARIOSIS DE LA ESPIGA

Ninguna herramienta de manejo por si sola es capaz de proveer protección total contra la FE. Las condiciones climáticas entorno a floración y primeras etapas de llenado de grano son el principal factor para la ocurrencia de esta enfermedad. Sin embargo, hemos cuantificado el aporte significativo de la interacción de medidas de manejo en disminuir el DON en grano a cosecha:

### En cultivo:

- **Seleccionar aquellos cultivares con mejor comportamiento a FE (FIG G).** Esta información está disponible al inicio de cada zafra en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_CI/Ano2013/JornadaInvierno2014.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CI/Ano2013/JornadaInvierno2014.pdf) págs. 12 y 27
- **Evitar la siembra de trigo sobre rastrojos infectados** de trigo, cebada o maíz, ya que son los mayores contribuidores de inóculo de *F. graminearum*. El beneficio potencial de la rotación con cultivos no susceptibles es medianamente eficaz debido al amplio rango de huéspedes de *F. graminearum* que aseguran una alta probabilidad de inóculo presente. En años con condiciones favorables generalizadas no hay un efecto marcado del cultivo predecesor, sin embargo, en años normales, los niveles de FE son significativamente mayores sobre rastrojo de trigo, cebada y maíz respecto a otros rastrojos.
- **Aplicación efectiva de fungicidas** El control de FE con fungicidas es preventivo basándose en pronósticos climáticos o sistemas de predicción (ej. DONCAST FIG. H). Los momentos óptimos para realizar la aplicación es **a inicio de floración (FIG. I) o en dobles aplicaciones a inicio y fin de floración**. Las mayores eficiencias de control de FE y menor contenido de DON se obtienen con aplicaciones de fungicidas **triazoles o mezclas de triazoles** [ej. SwingPlus® (metconazol + epoxiconazol), Caramba® (metconazol) y tebuconazol (solo o en combinación con carbendazim)] con **aspersores capaces de depositar el fungicida en ambos lados de la espiga** (ej. aspersores tipo TwinJet60® FIG.J). Para el control de la FE no se recomiendan mezclas de triazoles y estrobilurinas. Aún cuando algunas de estas mezclas logran controlar eficientemente la FE, frecuentemente los niveles de DON no son aceptables. En estados avanzados de llenado de grano (a partir de ¼ grano desarrollado) no se recomiendan aplicaciones de fungicidas.  
La oportunidad de aplicación del fungicida muchas veces está limitada por las condiciones de lluvia que a su vez favorecen la enfermedad. De ahí la importancia de consultar los pronósticos climáticos o sistema de predicción DONCAST (<http://www.inia.org.uy/online/site/15785211.php>).
- Previo a la cosecha (no antes de 3-4 días previos a la cosecha), es posible realizar un monitoreo de las chacras con el objetivo de **estimar el nivel de riesgo a cosecha**. La variación en los niveles de infección puede ser alta, no solo entre chacras por diferencias en la susceptibilidad del cultivar, fecha de floración y condiciones climáticas en el entorno a la floración y durante el llenado de grano, sino también dentro de la misma chacra. Una estimación rápida del número de granos con FE puede realizarse con la siguiente metodología: muestreo de 10-20 espigas en 10 puntos diferentes de la chacra inmediatamente previo a la cosecha. Niveles de infección superiores a 5% de grano afectado puede sugerir que lotes provenientes de esas chacras deban mantenerse separados de otros lotes.



Figura G

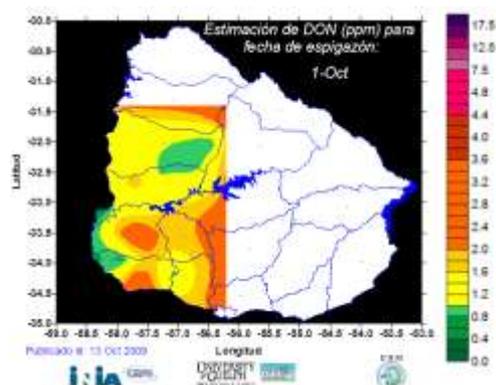


Figura H



Figura I



Figura J

### A cosecha y post-cosecha:

- Se sugiere **cosechar y manejar por separado las zonas con mayor infección** aún dentro de la chacra. En todos los casos, se recomienda **aumentar el caudal de viento de la cosechadora y ajustar las zarandas** debido a que los granos más afectados son los más pequeños y livianos. Reducir la velocidad de la cosechadora para permitir un tiempo mayor para la separación de granos aceptables de los infectados en las zarandas de limpieza de la máquina. Tener en cuenta que esto no va a remover los granos con *Fusarium* resultantes de infecciones tardías durante el llenado del mismo.
- Al recibo es posible implementar la cuantificación de granos con *Fusarium* (% en peso) (método recomendado por la Comisión de Granos Canadiense (CGC) y que es realizado en Uruguay en distintas plantas desde 2002. Se debe tener en cuenta que existe una relación directa entre el % de granos con *Fusarium* y el contenido de toxina DON, sin embargo, no es posible predecir exactamente el contenido de DON final. En la planta, al igual que en la cosecha, la elección adecuada de

zarandas disminuye la presencia de granos altamente infectados. Por otra parte, se dispone de un modelo de predicción de DON (<http://www.inia.org.uy/online/site/15785211.php>) que puede orientar la segregación del grano.

- En lotes destinados a semilla, la eliminación a través de la limpieza y clasificación de los lotes menos viables o de bajo vigor es la primera medida a tomar. Se sugiere que la semilla de trigo que se emplee en la próxima zafra sea sometida a limpieza y clasificación de modo de eliminar semillas no viables o de bajo vigor. Dado que el *Fusarium* afecta la germinación se recomiendan los tratamientos con curasemillas como los benzimidazoles (carbendazim, carbendazim+tiram). Se recomienda que se realicen ambas medidas (limpieza de semilla y uso de curasemilla), ya que no es suficiente con utilizar una de estas. Estas prácticas disminuirán además, el riesgo de tener marchitez en plántula debido al *Fusarium*.
- Para grano destinado al consumo, cobrará especial importancia la limpieza y la clasificación y su almacenaje segregado en función de los niveles de contaminación con *Fusarium* de modo de poder implementar estrategias de mezcla para reducir la incidencia de toxinas.
- En el almacenaje, con las condiciones normalmente recomendadas (12-13% de humedad máxima y temperaturas adecuadas y buena aireación) el hongo no se incrementa y por lo tanto, tampoco la concentración de toxinas.

**La fusariosis de la espiga es una de las enfermedades de más difícil control y si bien ninguna práctica de manejo por sí sola será capaz de realizar un control total de la enfermedad, la adopción en conjunto de las prácticas de manejo puede minimizar el riesgo de contenidos no deseables de micotoxinas en el grano y en el producto final.**

**Cada situación de chacra requerirá el asesoramiento técnico especializado para decidir cuál es la opción más conveniente según la situación productiva de cada empresa.**

## **MANEJO EN LA ALIMENTACION ANIMAL**

### **¿Cómo disminuir el riesgo de intoxicación en animales?**

Dado que el nivel de intoxicación está directamente relacionado con el nivel de toxinas, una forma de poder utilizar alimentos contaminados es a través de la dilución de estos lotes, de forma de lograr una concentración “segura” para la salud animal.

Otra opción podría ser el uso de secuestrantes de la toxina.

En primer lugar tenemos opciones de conservación de la planta entera. En este caso el corte para henificar presenta los problemas de secado apropiado que tenemos con todos los henos. Esta opción debe preferirse para cultivos muy inmaduros casi sin grano, con alta proporción de material verde cosechable.

La opción de ensilar la planta entera, aparece también como posible. Presenta la ventaja que el forraje puede ser una buena fuente para la “dilución” del grano contaminado. Nuevamente, la limitante es el grado de madurez del cultivo, cuanto más maduro éste, menor la calidad del ensilaje en general y adicionalmente, la paja del trigo madura resulta particularmente “resistente” al pisado, resultando en un material con dificultades para alcanzar una buena exclusión de aire y por lo tanto un ensilaje con buenas características de conservación. Se recomienda “picar” material con menos de 40 a 45% de materia seca en estos casos.

Para la opción de henilaje, corren la mayoría de las consideraciones anteriores, un material con dificultades para alcanzar una buena exclusión de aire, con una probable “baja densidad de empaque”, además de una más corta “vida útil” de la reserva, por lo que como en los casos anteriores, resulta recomendable para materiales muy verdes.

Finalmente la opción grano húmedo, resulta atractiva a condición que el material guardado presente niveles de contaminación con toxinas del *Fusarium* medianos a bajos.

Para alcanzar éste objetivo, según el nivel de afectación de la chacra, deberemos “manchonear” las áreas problema, dejando en pie el material más afectado. Seguramente deberemos también aumentar el viento en la cosechadora para, aún a costa de una cierta merma de rendimiento, evitar al máximo los granos vanos y chuzos, que suelen ser los más contaminados.

El resto de las condiciones, humedad del material de 28 a 30%, grano achatado o roto al entrar en la bolsa, buena compactación (exclusión de aire), etc. son los mismos que para los granos húmedos normales.

Estas medidas deben ser tomadas con prontitud, ya que una de las cosas que sí sabemos es que presencia del hongo y presencia elevada de micotoxinas no necesariamente coinciden, y que para un mismo nivel de infestación con *Fusarium*, la presencia de micotoxinas crece exponencialmente a medida que se acerca el final del ciclo del cultivo y del hongo, dado que estos metabolitos fúngicos son un “mecanismo” de defensa territorial del hongo que antes de desaparecer “marca” su territorio. Por lo comentado, para todas las situaciones la “cosecha anticipada” es un imperativo.

A continuación y a modo de recordatorio se incluye un cuadro con niveles de varios agentes micotóxicos y su capacidad contaminante según categoría bovina a suplementar.

Es de destacar que estos niveles constituyen lineamientos generales, ya que típicamente un alimento contaminado tiene más de un agente micotóxico y en muchos casos éstos actúan sinérgicamente, mostrando un efecto tóxico superior al esperado a partir de simples resultados de análisis de micotoxinas individuales.

Niveles de presencia de micotoxinas en alimento animal y riesgo de contaminación según categoría (ppb o µg/kg)

	Bajo	Medio	Alto
<b>Tricotecenos A ( Toxina T-2, Toxina HT-2, DAS)</b>			
Bovinos (Termeros)	<150	150 - 400	>400
Bovinos (Vacas Lecheras, Ganado Adulto y/o en Terminación)	<300	300 - 800	>800
<b>Tricotecenos B (DON, etc.)</b>			
Bovinos (Termeros)	<250	250 - 1000	>1000
Bovinos (Vacas Lecheras, Ganado Adulto y/o en Terminación)	<500	500 - 2000	>2000
<b>Zearalenona</b>			
Bovinos (Termeros, Vacas Lecheras)	<100	100 - 250	>250
Bovinos (Ganado de Carne Adulto)	<100	100 - 300	>300
<b>Aflatoxina B<sub>1</sub></b>			
Bovinos (Termeros, Vacas Lecheras)	<5	5 - 20	>20
Bovinos (Ganado de Carne Adulto)	<10	10 - 20	>20

### ¿Cuáles son las primeras medidas a tomar para usar un lote sospechoso como alimento en la dieta animal?

Previo al suministro de una ración sospechosa, es necesario identificar su origen y realizar análisis para determinar presencia y nivel de toxinas en la misma. De esta forma es posible preparar la mejor estrategia de uso, uso directo, necesidad de diluir o necesidad de utilización de secuestrantes.

### LABORATORIOS QUE REALIZAN ANÁLISIS DE MICOTOXINAS (FIG K):



- Laboratorio de Micotoxinas, LATU (Tel. 26033724 int 328, 329),
- División Protección Alimentos Vegetales, Dirección General de Servicios Agrícolas - MGAP (Tel. 23093069),
- Laboratorio de Fitopatología, INIA La Estanzuela (sólo DON, Tel. 45748000 int. 1505);
- Varios laboratorios privados tienen esta capacidad analítica (consulte).

### Mayor información en:

- Herramientas disponibles para el manejo de dos enfermedades relevantes de la zafra pasada: Fusariosis de la espiga en trigo y Ramularia en cebada – Serie Actividades de Difusión N°720. Págs. 33-47. Jornada de Cultivos de Invierno 2013, Young. [www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2899.aspx](http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2899.aspx)
- Umpierrez, M., Garmendia, G, Pereyra, S., Rodriguez, A, Ward, T., Vero, S. 2013. Regional differences in species composition and toxigenic potential among Fusarium head blight isolates from Uruguay indicate a risk of nivalenol contamination in new wheat production areas. International Journal of Food Microbiology, Vol.166:135–140.
- Fusariosis de la espiga en trigo y cebada – Serie Técnica INIA N°189 (Manejo de enfermedades en trigo y cebada). Año 2011. Págs. [www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2308.aspx](http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-2308.aspx)
- Pereyra, S. A. and Dill-Macky, R. 2010. Fusarium species of wheat and barley grains in Uruguay, their pathogenicity and deoxynivalenol content. Agrociencia (Uruguay), vol.14: 33 – 44.
- Pereyra, S. A. and Dill-Macky, R. 2008. Colonization of the Residues of Diverse Plant Species by *Gibberella zeae* and their Contribution to Fusarium Head Blight Inoculum. Plant Dis. 92(5):800-807.

- Fusariosis de la espiga en trigo y cebada – Documento online #1 [www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-645.aspx](http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-645.aspx)
- Fusariosis de la espiga en trigo y cebada – Hoja de Divulgación INIA # 79, Fecha 04/02. [www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-655.aspx](http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-655.aspx)
- Fusariosis de la espiga en trigo y cebada: Guía para proteger sus cultivos – Cartilla INIA. Año 2002.
- Las toxinas del Trigo: Un riesgo que se puede minimizar. Artículo en El País Agropecuario (marzo 2003)

#### Figuras

A,B,C, C': Espigas de trigo afectadas por la Fusariosis de la espiga.

D: Granos de trigo sanos y afectados con Fusarium.

E y F: Rastrojos de trigo (E) y maíz (F) con estructuras oscuras (peritecios) que dan origen a esporas, inóculo primario para la Fusariosis de la espiga.

G: Cultivares con diferente comportamiento frente a Fusariosis de la espiga (izquierda -susceptible; derecha - resistente)

H: Estimación de deoxinivalenol (DON) en grano a cosecha según el sistema de predicción DONCAST, disponible en [www.inia.uy](http://www.inia.uy)

I: Espiga en inicio de floración (antes), estado óptimo para la aplicación de fungicidas.

J: Picos tipo TwinJet® que aseguran una mayor cobertura de la espiga.

#### Material preparado por:

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA

Silvia Pereyra ([spereyra@inia.org.uy](mailto:spereyra@inia.org.uy)) – Fusariosis de la espiga, manejo, análisis de DON

Yamandú Acosta ([yacosta@inia.org.uy](mailto:yacosta@inia.org.uy)) - Alimentación animal

#### Aportes:

Marina Castro, Carlos Rossi, Silvana Gonzalez, Daniel Vázquez