

# EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE FOSFURO DE ALUMINIO EN BOLSAS PLÁSTICAS HERMÉTICAS CON MAÍZ



Roskopf R.<sup>1\*</sup>; Farroni A.<sup>2</sup>; Copia P.<sup>2</sup>; Alegre M.<sup>2</sup>; Cardoso L.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> INTA Paraná, ruta 11 km 10,5 Entre Ríos, Argentina. <sup>2</sup> INTA Pergamino, Ruta 32, Km 4.5, (2700), Buenos Aires, Argentina. <sup>3</sup> INTA Balcarce. Ruta 226 Km 73,5 (7620) Balcarce, Buenos Aires

\*Contacto de autor: roskopf.ruben@inta.gob.ar

## INTRODUCCIÓN

Se estima que un tercio del maíz que se produce anualmente en Argentina (aprox. 50 Mt) se almacena en el sistema de silo bolsas. Debido a las condiciones climáticas durante la época de cosecha, existen campañas donde es común observar que una fracción importante del grano se embolsa a una humedad que permite el deterioro fúngico del grano (> 14-15% H<sup>o</sup>).

La fosfina (PH<sub>3</sub>) es un gas ampliamente difundido como insecticida, aunque también se ha reportado su acción fungistática/fungicida. Las condiciones del estudio de la performance de este gas sobre los hongos normalmente se analiza a concentraciones constantes. Sin embargo, la gran mayoría de los tratamientos de aplicación de PH<sub>3</sub> en Argentina (y muchos otros países en el mundo) se realizan a través de pastillas o pellets de fosfuros metálicos que reaccionan con la humedad relativa del aire para generar el gas fosfina (velocidad del proceso aumenta con la temperatura). Luego de aplicados los formulados, existe una fase de liberación y/o gasificación, un pico de concentración y luego la concentración decrece en el tiempo.



Figura 1: Imagen de silo bolsa típico: 60 m de largo, 9 pies de diámetro, con capacidad para 180 t de maíz

Para la evaluación de este gas, se deberá trabajar primero en la puesta a punto de un sistema de micro dosificación de fosfuro a baja escala, que permita predecir, en condiciones controladas (hermeticidad, temperatura y humedad relativa), la evolución de la concentración de la fosfina (a su vez relacionadas con la dosis y forma de aplicación, adsorción de la fosfina por el grano y pérdidas por permeabilidad del material).

## OBJETIVOS

- Evaluar operativamente la técnica de fraccionamiento y dosificación de comprimidos con 0,2 g de fosfina en bolsas herméticas con 15 kg de maíz
- Establecer la correlación entre la concentración objetivo (2000 y 3500 ppm) y la máxima concentración lograda de PH<sub>3</sub>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando el polietileno de silo bolsa (235 µm espesor) se confeccionaron 10 bolsas herméticas de 15 kg de maíz (14% H<sup>o</sup>; Figura 2) c/u. Se determinó el espacio no grano mediante cubicaje con agua y se utilizó una referencia de adsorción de 24,6%.

Se realizaron dos tratamientos: a) aplicación de 110 mg de fosfuro de aluminio en cada bolsa, con el objetivo de lograr una concentración de 2000 ppm de PH<sub>3</sub> y b) aplicación de 203 mg, de fosfuro de aluminio con el objetivo de lograr una concentración de 3500 ppm de PH<sub>3</sub>.



Figura 2:  
a) Izquierda: pesaje del fosfuro de aluminio.  
b) Centro: abertura en la bolsa con maíz por donde se colocó el fosfuro de aluminio.  
c) Derecha: cierre de la abertura mediante el pegado de tres cintas superpuestas.

Las bolsas se colocaron en cámara a 23°C. A las 96 hs de la aplicación del fosfuro de aluminio se consideró que la gasificación fue completa y se midió la concentración de PH<sub>3</sub> en cada bolsa utilizando tubos colorimétricos específicos para medir la concentración de fosfina (Figura 3).



Figura 3:  
a) Izquierda: medición de la PH<sub>3</sub> en una bolsa con maíz.  
b) Derecha: pipetas utilizadas en las mediciones de concentración de PH<sub>3</sub>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Tabla 1, la concentración promedio medida luego de 96 h fue de 530 ppm y 1115 ppm para la menor y mayor dosis, respectivamente. Por otro lado, la concentración máxima lograda en la dosis con concentración objetivo de 2000 ppm fue del 40% de la misma, mientras que en el caso de la mayor dosis fue del 60%. A su vez, la variación entre las dosis logradas en las diferentes repeticiones aumentó con la dosis objetivo.

Tabla 1. Concentración media, desvío estándar y cuantiles medidos (ppm) para las dosis propuestas.

| Dosis objetivo (ppm) | Media (ppm) | Desvío estándar | Mínimo | Máximo |
|----------------------|-------------|-----------------|--------|--------|
| 2000                 | 530         | 241             | 250    | 800    |
| 3500                 | 1115        | 638             | 425    | 2100   |

Los resultados muestran que la cantidad de fosfuro de aluminio aplicado para lograr la concentración objetivo fue insuficiente en ambos casos. Ya que se trataba de envases herméticos, se descarta la pérdida del gas asociada a la presencia de puntos de fuga (principal motivo de escape de fosfina en envases flexibles). Esta menor concentración obtenida posiblemente se deba a que existió una subestimación de la adsorción de la fosfina por parte del grano, la cual fue menor en proporción cuando mayor fue la dosis. Otro aspecto que pudo tener una magnitud mayor a la esperada, es la tasa pérdida de fosfina a través del polietileno de las bolsas. Esto podría ser aún más relevante si se tiene en cuenta que las bolsas utilizadas en el presente ensayo tienen una mayor relación superficie/volumen que un silo bolsa típico.

La causa en la gran dispersión de la fosfina medida entre repeticiones, probablemente estuvo asociada a que no existe una distribución uniforme del fosfuro de aluminio en el comprimido. Por cada comprimido, el 60% es fosfuro de aluminio y el resto corresponde a otros compuestos como el carbamato de amonio que, durante la gasificación, se convierte en amonio (gas alerta) y CO<sub>2</sub>. Es así que, durante la ruptura del comprimido, su molienda y fraccionamiento podrían haberse dosificado diferentes proporciones de fosfina en cada bolsa. Otros estudios a baja escala, utilizando pellets completos de fosfuro de aluminio (0,2 g de fosfina), mostraron mayor uniformidad entre repeticiones. Sin embargo, también reportan que incluso luego de obtener picos de 3500 ppm (48-72 hs) y finalizando con 800 ppm de PH<sub>3</sub> (15 días después de la aplicación), solo se logró una reducción parcial en la carga fúngica inicial.

## CONCLUSIONES

La dosis obtenida fue afectada por varios factores, como la distribución de la fosfina en la formulación, la absorción por parte del grano y, posiblemente, permeabilidad del polietileno.

Para próximos trabajos se sugiere aumentar las dimensiones de la unidad experimental (por ejemplo, a nivel de big bags) que permitan la aplicación de formulaciones de 0,2 g de fosfina, sin fraccionamiento. Esto presumiblemente evitaría errores de dosificación del fosfuro. A su vez, un mayor tamaño permitirá hacer mediciones periódicas de fosfina sin afectar la concentración de la misma.

## AGREDECIMIENTOS

El siguiente trabajo se realizó en el marco del Proyecto Nacional de INTA PEI 147: Inocuidad de alimentos para consume humano y animal). Los autores también agradecen la colaboración de la empresa Fugran S.A. durante la conducción del ensayo.