

Radiografía del sistema de acopio de granos en Argentina: ¿estamos preparados para acopiar más granos y preservar su calidad?

M. Bernadette Abadía, Hernán A. Urcola, M. Cecilia Ferrari y Ricardo. E. Bartosik



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Radiografía del sistema de acopio de granos en Argentina: ¿estamos preparados para acopiar más granos y preservar su calidad?¹

ABADÍA, M. Bernadette^a; URCOLA, Hernán A.^a, FERRARI, M. Cecilia^b, BARTOSIK, Ricardo. E.^{a,c}

^a Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Balcarce (RN 226, km 73.5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina).

^b Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Concepción del Uruguay (RP39 km 143.5, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina).

^c Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Resumen

Este es el primer estudio integral del sistema de poscosecha de granos de Argentina, con los siguientes objetivos: 1) agrupar las plantas de acopio de granos en base a características estructurales, tecnológicas y de control de insectos; 2) analizar cómo se posicionan estos grupos para aprovechar el aumento esperado en la producción de granos del país; 3) estudiar cómo se posicionan los diferentes grupos para adoptar las Buenas Prácticas de Manejo (BPM); e 4) identificar los principales desafíos de cada grupo para implementar programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el nuevo contexto de prohibición de diclorvos (DDVP). Se realizó una encuesta en 86 plantas de acopio en la principal zona productora de granos de Argentina. Se utilizaron análisis de correspondencia múltiple y de conglomerados para estudiar las relaciones entre las variables estudiadas y establecer una tipología de plantas de acopio. Se identificaron tres grupos de instalaciones que difieren principalmente en capacidad de acopio y capacidad de recepción de granos, índice de rotación y modalidad de fumigación. Las instalaciones de tamaño grande e intermedio emergieron como las mejores posicionadas para aprovechar el escenario proyectado de aumento de producción debido a su alta capacidad de recepción y su potencial para aumentar los índices de rotación (estos dos grupos manejaron el 95% del volumen de grano). Las plantas pequeñas presentaron importantes limitaciones en su equipamiento actual para recibir de granos. Las instalaciones grandes también aparecieron como las mejores posicionadas para implementar BPM ya que sólo requerirían inversiones menores en la automatización de la aireación. Las instalaciones de tamaño intermedio también necesitarían incorporar termometría para el monitoreo de la calidad del grano. La incorporación de BPM parece menos factible en instalaciones pequeñas, dadas las limitaciones en las tecnologías de secado, aireación y monitoreo de granos almacenados. Todos los grupos tendrán que rediseñar sus estrategias de control de insectos e incorporar programas de MIP después de la prohibición del DDVP. Se espera que la detección de restricciones específicas de cada grupo sirva como un insumo para desarrollar tecnologías direccionadas y políticas sectoriales más eficientes.

1 - El presente documento es una traducción del trabajo: M.B. Abadía, H.A. Urcola, M.C. Ferrari, R.E. Bartosik. 2019. Is the argentine postharvest system ready to handle more and better grains? Journal of Stored Products Research, Volume 83, Pages 218-226, ISSN 0022-474X, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.07.012>.

1. Introducción

Durante el trienio 2016-2018, Argentina produjo un promedio de 125 millones de toneladas (T) de granos por año (Secretaría de Agroindustria, 2018), lo cual representa alrededor del 15% del comercio mundial de granos y subproductos (Calzada y Corina, 2017). El sistema argentino de poscosecha de granos comprende unos 4.150 acopios (Secretaría de Agroindustria, 2018) con una capacidad de almacenamiento agregada de aproximadamente 71 millones de T, distribuidas entre acopios comerciales y cooperativas (54%), instalaciones a campo (22%), industria (17%) y puertos (7%) (Oliverio y López, 2008). La brecha entre la capacidad de almacenamiento permanente y producción de granos se cubre con silo bolsas, la cual en los últimos 8 años comprendió entre 43 y 48 millones de T. En los próximos 10 años, se proyecta que la producción argentina de granos aumentará alrededor del 10-20% (Ministerio de Agricultura de Argentina, 2011; Fundación INAI, 2017), lo que aumentará el déficit de almacenamiento en estructuras fijas y creará nuevos desafíos para el sistema de poscosecha.

Debido a su importante rol como exportador de granos y subproductos, Argentina está permanentemente expuesta a las demandas cambiantes del mercado agroalimentario internacional (Calzada y Corina, 2017). En particular, una población mundial en crecimiento requiere mejorar la producción y minimizar el desperdicio de alimentos (Godfray et al., 2010; Laux et al., 2015). Las crecientes demandas con respecto a la calidad y seguridad de los granos (es decir, libres de pesticidas y micotoxinas) (Fleurat-Lessard, 2002), y una creciente preocupación por la sustentabilidad ambiental están llevando a maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales en toda la cadena de granos (Bosona y Gebresenbet, 2013). En este marco complejo, la disponibilidad tecnologías adecuadas y la adopción de las Buenas Prácticas de Manejo (BPM) en el sistema de almacenamiento de granos son fundamentales para entregar granos seguros y de alta calidad para la industria alimentaria local o para los mercados de exportación, y también para minimizar las pérdidas en la poscosecha (Abadía y Bartosik, 2013).

Las BPM claves incluyen: 1) secar el grano antes del almacenamiento para evitar el deterioro causado por microorganismos y la contaminación por micotoxinas (Karunakaran et al., 2001; Channaiah y Maier, 2014; Magan et al., 2014), 2) enfriar el grano almacenado por medio de una aireación eficiente, respaldada por el monitoreo de la temperatura del grano y el control automático de la aireación, lo cual es crítico para preservar la calidad del grano y prevenir el desarrollo de insectos (Yigezu et al., 2008; Navarro et al., 2012; Channaiah y Maier, 2014); y 3) implementar programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para reducir el riesgo de contaminación por insecticidas en los granos (de Groot, 2004; Ministerio de Agricultura y Cooperativas, 2012; Abadía y Bartosik, 2013).

En particular, los sistemas MIP tienen como objetivo prevenir el daño causado por los insectos a través de los medios más económicos, pero también con el menor impacto en la seguridad alimentaria, la salud humana y el medio ambiente (Adam et al., 2010). Los programas de MIP hacen hincapié en el saneamiento de instalaciones y depósitos de granos y en el monitoreo de insectos (Holscher, 2000). Dentro del MIP, el enfriamiento por aireación es el principal procedimiento complementario para el control de insectos y para el manejo de la resistencia a los insecticidas (Navarro y Noyes, 2001). Por su parte, las fumigaciones con fosfina implementadas adecuadamente es el tratamiento MIP más efectivo para la eliminación completa de todas las etapas de vida de los insectos, sin dejar residuos de fitosanitarios en el grano (Hagstrum et al., 2010). Los elementos claves de un programa de MIP incluyen procedimientos claramente documentados, programación de actividades, asignación clara de tareas y responsabilidad y el mantenimiento de registros (Grain Trade Australia, 2013).

Es importante destacar que las regulaciones argentinas requieren el comercio de granos libres de insectos vivos (Cámara Arbitral De Cereales, 2015). Tradicionalmente, el esquema de control de plagas en el sistema argentino de poscosecha de granos dependía en gran medida del uso de insecticidas químicos, principalmente DDVP (diclorovós) (Abadía y Bartosik, 2013). El DDVP es un

insecticida organofosforado que se aplica como un líquido pero, debido a su alta presión de vapor, rápidamente se volatiliza y actúa principalmente a través de su fase gaseosa, causando una rápida mortalidad (poder de volteo) en los insectos adultos (Desmarchelier et al., 1977; US EPA, 2006). Esta característica única del DDVP popularizó su uso como tratamiento de control de última instancia en Argentina. A su vez, es posible que esta forma de uso del DDVP haya desalentado la adopción de prácticas preventivas de MIP. Los gerentes de acopios preferirían un tratamiento con DDVP a la fumigación con fosfina, debido a la mayor velocidad de acción del primero sobre insectos adultos, lo cual les permitía cumplir de manera fácil, rápida y económica con el requisito de comercialización de granos libres de insectos vivos.

Sin embargo, el uso inapropiado de insecticidas puede resultar en excesos por sobre los Límites Máximos de Residuos (LMR), lo que implica riesgos potenciales para la salud de los consumidores además de reclamos de clientes, rechazo de envíos y costos comerciales más altos. En los últimos años el LMR para DDVP en la mayoría de los mercados de exportación de granos de Argentina se fue restringiendo progresivamente (por ejemplo, en Japón y la Unión Europea el LMR es de 0.01 ppm; Comisión Europea, 2005; Japan Food Chemical Research Foundation, 2019) lo cual trajo aparejado numerosos inconvenientes comerciales. Como consecuencia, para preservar los mercados de granos argentinos, el DDVP fue prohibido en noviembre de 2018 por el Servicio Nacional de Seguridad y Calidad de los Alimentos (SENASA, 2018). Esta prohibición está generando un cambio de paradigma en el sistema argentino de poscosecha de granos, ya que ningún otro insecticida disponible puede reemplazar al DDVP en cuanto a su forma de uso (Niquet y Le Bras, 2007). Como consecuencia, los acopios de granos se verán obligados a implementar estrategias alternativas de control de insectos para cumplir con la regulación oficial del comercio de granos sin insectos vivos.

En función de lo expuesto se considera importante determinar si el sistema de poscosecha argentino está posicionado satisfactoriamente para hacer frente al inminente aumento de cosecha esperado y a las crecientes demandas del mercado relacionadas a la calidad e inocuidad de los granos. Dado el contexto descripto, los objetivos de este trabajo fueron: 1) agrupar los acopios de granos de Argentina de acuerdo con sus características estructurales, tecnológicas y de control de insectos; 2) analizar cómo se posicionan los diferentes grupos de acopios para aprovechar el aumento proyectado en la producción de granos; 3) analizar la factibilidad con que los diferentes grupos de acopios podrían implementar BPM para garantizar la calidad e inocuidad de los granos; y 4) analizar el efecto de la prohibición del DDVP sobre la modalidad de control de insectos en los diferentes grupos de acopios, así como los principales cambios que se requerirán en cada grupo para implementar programas de MIP.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en la región centro-este de Argentina (provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Entre Ríos, Fig. 1), que es la principal área de producción de granos (90% de la producción total, Secretaría de Agroindustria, 2017) y concentra el 88% de los acopios del país (Secretaría de Agroindustria, 2018). La región tiene un clima templado, con precipitaciones que aumentan de oeste (300 mm/año) a este (1000 mm/año). El verano es cálido (temperatura promedio: 22°C) y el otoño es de templado a frío (14 a 18°C), ambos con abundantes precipitaciones, mientras que el invierno es frío (6 a 10°C) y relativamente seco (SMN Argentina, 2019).



2.2. Recolección de datos

Para este estudio se utilizó una muestra de 86 acopios, los cuales representaron el 2,4% de las instalaciones de la región centro-este de Argentina. Los datos se recopilieron durante 2016 mediante una encuesta realizada mediante una entrevista con el gerente del acopio; sólo una pequeña fracción de las encuestas se realizó por correo electrónico debido a limitaciones de accesibilidad. Dada la naturaleza exploratoria de la presente investigación y a que los acopios están dispersos en una gran área geográfica, esta modalidad de muestreo incidental se consideró apropiada para este estudio (Worster y Haines, 2004).

2.3. Análisis de datos

Las variables de interés para este trabajo se dividieron en tres categorías generales: estructurales, tecnológicas y relacionadas con el control de insectos. Las variables estructurales incluyeron la capacidad de almacenamiento y el índice de rotación (es decir, la cantidad de veces que la instalación vacía y recarga su capacidad de almacenamiento por año). Las variables tecnológicas se refieren a la disponibilidad de equipos para la recepción, muestreo, secado, monitoreo de temperatura y aireación de granos. Las variables de control de insectos contemplaron el uso de DDVP y la mo-

alidad implementada para la fumigación con fosfina. Se utilizó estadística descriptiva (variables cuantitativas) y porcentajes de respuestas (variables categóricas) para caracterizar la muestra de acopios.

Un subconjunto de las variables estudiadas se sometió a un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para describir el patrón de relaciones entre ellas. El ACM es un método para resumir y visualizar información contenida en una tabla de datos de N individuos con Q variables categóricas (Nenadic y Greenacre, 2007) que se usa con frecuencia para analizar datos de cuestionarios (Husson et al., 2014). Las variables cuantitativas se incluyeron en el ACM luego de recodificarlas como discretas (Abdi y Valentin, 2007). La capacidad de almacenamiento y el índice de rotación se dividieron en tres clases de acuerdo con la posición de sus cuartiles con respecto a su media, similar a Solano et al. (2000) y Milán et al. (2006). Esta metodología proporcionó las frecuencias de observaciones ubicadas en el primer 33%, entre el 33 y el 67%, y en el 33% superior de la distribución. El porcentaje de silos con termometría se dividió en dos clases debido a su distribución bimodal. Las variables restantes se usaron para caracterizar la muestra del acopio, pero se excluyeron del ACM debido a su baja capacidad de discriminación o por datos faltantes.

Después del ACM, se realizó un análisis de conglomerados para identificar una tipología de las instalaciones basada en características estructurales, tecnológicas y prácticas de control de insectos. Se aplicó el algoritmo de Ward para obtener los grupos y se analizó el dendrograma para determinar el número óptimo de grupos, que se estableció como el número mínimo de grupos que proporcionaron una descripción completa de las instalaciones de granos (Husson et al., 2010). Finalmente, se calcularon valores promedio (variables cuantitativas) y frecuencias (variables categóricas) para cada grupo para la totalidad de las variables estudiadas. Las variables cuantitativas se contrastaron mediante un análisis ANOVA seguido de pruebas de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias significativas entre los grupos ($P \leq 0,05$). Las variables cualitativas se contrastaron mediante una prueba de Chi-cuadrado. Los análisis estadísticos se implementaron con el software R (R Core Team, 2017) utilizando los paquetes FactoMineR (Le et al., 2008), Factoextra (Kassambara y Mundt, 2017) y ADE4 (Dray y Dufour, 2007). Una descripción más detallada del ACM se puede encontrar en Nenadic y Greenacre (2007) y Abdi y Valentin (2007).

3. Resultados

3.1. Caracterización de la muestra

La capacidad agregada de almacenamiento de los acopios muestreados fue de 2.677.558 T, lo que representa el 4,7% de la capacidad total de almacenamiento de la región centro-este de Argentina. La Tabla 1 resume las características estructurales, tecnológicas y de control de insectos encontradas en la muestra. En promedio, la capacidad de almacenamiento de las instalaciones fue cercana a 30.000 T y el índice de rotación anual fue de 2.

Se observó que la mayoría de las plantas posee descargas por rampa hidráulica para los camiones (79%), mientras que el muestreo automático (por calador neumático) es algo menos frecuente (58%). La capacidad de la noria principal es de 120 T / h en promedio, y la mayoría de los acopios posee secadoras con una capacidad promedio de 60 T / h. La media de las relaciones entre las dos primeras variables fue de 3.2, lo que implica que la capacidad de la noria principal triplica la capacidad de secado. Se encontró que los sistemas de aireación están ampliamente difundidos (90% de los silos en promedio), lo que sugiere que los gerentes de los acopios consideran que la aireación es una herramienta valiosa. Sin embargo, sólo en el 23% de los silos se encontró termometría (sensores de temperatura) y el uso de controladores de aireación automáticos fue muy bajo (8% de las plantas).

Tabla 1. Variables incluidas en la encuesta. Se presentan el promedio \pm desvío estándar (DE) o los porcentajes de las clases según las variables sean cuantitativas o categóricas, respectivamente.

| Variable | Clases | Promedio \pm DE / Porcentaje | Código |
|---|----------------------------|--------------------------------|-----------|
| Estructurales | | | |
| Capacidad de almacenamiento (T)* | Pequeña (< 10,000) | 31.181 \pm 35.495 27% | SC_Sm |
| | Intermedia (10,000-40,000) | 52% | SC_Med |
| | Grande (> 40,000) | 21% | SC_Lar |
| Índice de rotación (año ⁻¹)* | Bajo (< 1.20) | 2,2 \pm 1,7 22% | Turn_Low |
| | Intermedio (1.20 – 2.97) | 52% | Turn_Med |
| | Alto > 2.97) | 19% | Turn_High |
| Tecnológicas | | | |
| Descarga de camiones | Rampa hidráulica | 79% | GUnl_Hyd |
| | Gravedad | 21% | GUnl_Gra |
| Muestreo de grano | Calador neumático | 58% | GSamp_Pne |
| | Calador manual | 42% | GSamp_Man |
| Secadora | Sí | 78% | GDry_Yes |
| | No | 22% | GDry_No |
| Silos con termometría (%)* | | 23 \pm 38 | |
| | \leq 50% de los silos | 78% | Ther_Low |
| | > 50% de los silos | 22% | Ther_High |
| Control de airación | Automático | 8% | AerC_Auto |
| | Manual | 92% | AerC_Man |
| Capacidad de la noria (T/h) | | 120 \pm 70 | |
| Capacidad de la secadora (T/h) | | 60 \pm 36 | |
| Relación de capacidad noria /secadora | | 3,2 \pm 3,5 | |
| Silos con aireación (%) | | 90 \pm 24 | |
| Control de insectos | | | |
| Uso de DDVP | Sí | 48% | DDVP_Yes |
| | No | 48% | DDVP_No |
| Servicio de fumigación especializado | Sí | 21% | SpFum_Yes |
| | No | 79% | SpFum_No |
| Limpieza de la planta (semanal como mínimo) | Sí | 60% | |
| | No | 40% | |
| Procedimientos y registros de limpieza de la planta | Sí | 0% | |
| | No | 100% | |
| Limpieza de silos antes del llenado | Sí | 90% | |
| | No | 10% | |
| Procedimientos y registros de limpieza de los silos | Sí | 0% | |
| | No | 100% | |
| Monitoreo de insectos (mensual como mínimo) | Sí | 77% | |
| | No | 23% | |
| Procedimientos y registros de monitoreo de insectos | Sí | 0% | |
| | No | 100% | |
| Registros de aplicación de insecticidas | Sí | 0% | |
| | No | 100% | |

*: La variable era originalmente cuantitativa y se segmentó en clases para utilizarla en el ACM. Se muestran los códigos de las variables incluidas en el ACM.

Cerca de la mitad de los acopios manifestaron que usaban DDVP para el control de insectos (en el momento de la encuesta) y el 79% de ellos realizaban la fumigación con fosfina con su propio personal. Sin embargo, es posible que dichas fumigaciones no fueran eficientes ya que el 68% de ellos no acostumbraba sellar las estructuras de almacenamiento para evitar fugas de gas, y el 83% de ellos no medía concentración de fosfina durante el tratamiento. Además, ninguno de los acopios mantenía registro de las aplicaciones de insecticidas. A pesar que la mayoría de los acopios declararon limpiar la planta en general y los silos en particular (60% y 90%, respectivamente), los procedimientos de limpieza no estaban documentados ni registrados. Del mismo modo, la información sobre las prácticas de monitoreo de insectos no se pudo corroborar por completo porque ninguna de las instalaciones poseía protocolos o registros de esas actividades, aunque con frecuencia se declaró que el monitoreo de insectos se realizaba mensualmente (77%). Durante el almacenamiento, los acopios no realizaron un muestreo específico para la detección de insectos, sino que más bien la detección de insectos fue un análisis secundario al monitoreo de la humedad de los granos almacenados.

3.2. Tipología de los acopios

Los resultados del ACM (Fig. 2) indican que los dos ejes mostrados retuvieron el 38% de la inercia total, lo cual fue comparable al logrado en estudios similares en establecimientos agropecuarios (Solano et al., 2000; Milan et al, 2006). El eje 1 se compone básicamente de tres categorías: capacidad de almacenamiento (0,585), modalidad de descarga de granos (0,578) y modalidad de muestreo de granos (0,538). Este eje retuvo el 25,5% de la inercia total y fue etiquetado como la dimensión "Almacenamiento / Descarga / Muestreo". El eje 2 se compone principalmente de dos categorías: modalidad de fumigación con fosfina (0,483) e índice de rotación (0,462). Este eje explicó el 12,7% de la variabilidad total y se etiquetó como la dimensión "Fumigación / Índice de rotación". La sección positiva del eje 1 muestra que las instalaciones pequeñas están asociadas con el muestreo manual, la descarga de granos por gravedad y la ausencia de secadora. Este eje también muestra que las grandes instalaciones estaban asociadas con termometría y fumigación especializada (contratada). La sección positiva del eje 2 discrimina las instalaciones que contrataron servicios especializados de fumigación y tenían una baja tasa de rotación, mientras que el lado negativo del eje 2 discrimina las instalaciones que realizaban fumigación con fosfina con su propio personal y tenían altas tasas de rotación.

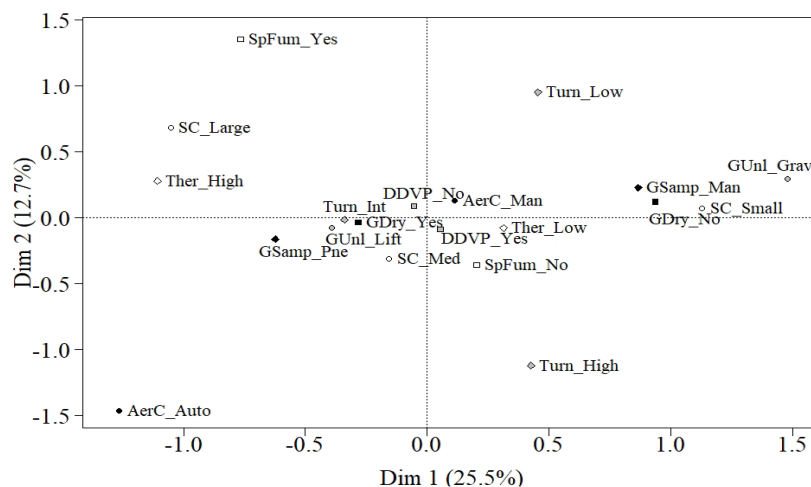


Fig. 2. Relación entre las variables del primer y segundo eje del ACM.

El análisis de conglomerados discriminó tres grupos de acopios de granos (Fig. 3) a lo largo del eje 1. Las instalaciones con baja capacidad de almacenamiento y baja tecnología se encontraron en el lado positivo, mientras que las instalaciones con alta capacidad de almacenamiento y tecnológicamente más avanzadas se ubicaron en la sección negativa, encontrándose un grupo intermedio (en capacidad de almacenamiento y nivel tecnológico) en la mitad. Para cada grupo, los porcentajes y los valores medios para las variables categóricas y cuantitativas, respectivamente, se muestran en la Tabla 2.

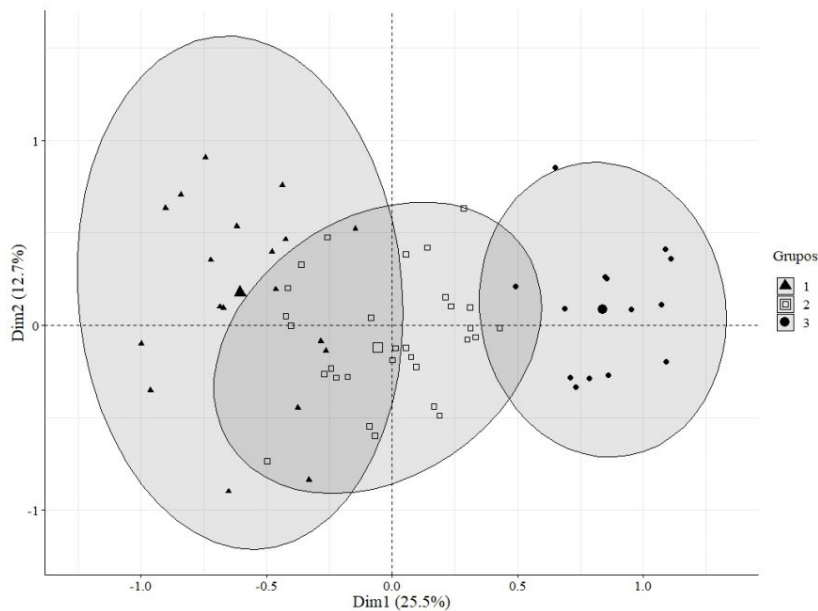


Fig. 3. Mapa de conglomerados con los tres grupos de plantas.

El Grupo 1 ($n = 22$) estuvo compuesto principalmente por instalaciones grandes, con una capacidad de almacenamiento promedio cercana a 60.000 T, cerca del doble del promedio de la muestra, y con un índice de rotación anual promedio de 1.95. En este grupo, los procesos de recepción y muestreo de granos fueron en su mayoría automatizados y la capacidad de la noria principal (147 T/h) fue notablemente más alta que el promedio de la muestra. Las secadoras estaban disponibles en la mayoría de las instalaciones (86%), con una capacidad de secado promedio de 71 T/h, ligeramente superior a la media de la muestra (las instalaciones en el Grupo 1 que no tenían secadoras de alta temperatura declararon que su política era solo recibir grano seco). La relación entre la capacidad de la noria principal y la capacidad de secado fue menor que el promedio de la muestra. Prácticamente todos los silos del Grupo 1 estaban equipados con ventiladores de aireación y el 80% de ellos se complementaron con termometría. Sin embargo, solo el 23% de las instalaciones tenían controladores de aireación automáticos. Este grupo mostró el mayor porcentaje de instalaciones que evitaron el DDVP para el control de insectos (64%) y que contrataron servicios especializados de fumigación (55%).

El Grupo 2 fue el más numeroso ($n = 45$) y se compuso principalmente de instalaciones de tamaño intermedio con una capacidad de almacenamiento promedio cercana a 27.000 T, algo inferior al promedio de la muestra, y un índice de rotación promedio anual de 2.14. La descarga de granos de los camiones también se realizó principalmente con rampas hidráulicas (96%), pero los sistemas de muestreo automático fueron menos frecuentes (67%) que en el Grupo 1. La capacidad de la noria principal fue de 129 T/h, menor que en Grupo 1 y cercano al promedio muestral. La mayoría de los acopios tenían secadoras de grano (91%), pero su capacidad de secado promedio fue ligeramente menor (60 T/h) que en el Grupo 1. La relación entre la capacidad de la noria

principal y la capacidad de secado fue mayor a la del Grupo 1 y similar al promedio de la muestra. La aireación estuvo ampliamente difundida (94% de los silos) pero, en contraste con el Grupo 1, la utilización de termometría en los silos fue muy escasa (4% de los silos en promedio). Sólo el 42% de las instalaciones evitaron el DDVP para el control de insectos y la fumigación se realizó principalmente con personal propio.

El Grupo 3 (n = 19) estaba integrado principalmente por instalaciones pequeñas, con una capacidad de almacenamiento promedio cercana a las 7,500 T, casi una cuarta parte del promedio de la muestra. Su índice de rotación promedio anual fue de 2.77, más alto que en los otros grupos (aunque no estadísticamente diferente). Las rampas hidráulicas para la descarga de granos estaban disponibles solo en una proporción menor de los acopios y la capacidad de la noria principal era de 68 T/h, notablemente más baja que en los otros dos grupos. Sólo un tercio de estas instalaciones tenía secadoras de grano con una capacidad de secado promedio de 31 T/h. Sin embargo, la relación entre la noria principal y la capacidad de secado fue mayor que en los otros grupos y la media de la muestra. Este fue el único grupo que mostró una proporción importante de silos sin aireación (31%). Otros elementos tecnológicos, como cables de temperatura y controladores de aireación, no estuvieron presentes. En el Grupo 3 sólo el 42% evitó el DDVP y la fumigación fue realizada principalmente por personal propio.

Tabla 2. Porcentaje (variables categóricas) y promedio (variables cuantitativas) para los tres grupos de plantas encontrados en el análisis de conglomerados.

| Item | Grupo 1 (n=22) | Grupo 2 (n=45) | Grupo 3 (n=19) | Prueba de X ² |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Capacidad de almacenamiento (T) | 60.791 ^b | 26.665 ^a | 7.589 ^a | |
| Grande (%) | 55 | 13 | 0 | *** |
| Intermedia (%) | 41 | 73 | 16 | |
| Pequeña (%) | 5 | 14 | 84 | |
| Índice de rotación (año ⁻¹) | 2.0 ^a | 2.1 ^a | 2.8 ^a | NS |
| Alto (%) | 14 | 16 | 32 | |
| Intermedio (%) | 64 | 58 | 26 | |
| Bajo (%) | 14 | 20 | 37 | |
| Rampa hidráulica (%) | 100 | 96 | 16 | *** |
| Calador neumático (%) | 86 | 67 | 5 | *** |
| Capacidad de la noria (T/h) † | 147 | 129 | 68 | - |
| Secadora (%) | 86 | 91 | 37 | *** |
| Capacidad de la secadora (T/h) † | 71 | 60 | 31 | - |
| Relación de capacidad noria /secadora † | 1.9 | 3.6 | 4.2 | - |
| Silos con aireación (%) | 98 ^b | 94 ^b | 69 ^a | |
| Controlador automático de aireación (%) | 23 | 4 | 0 | ** |
| Plantas con más del 50% de silos con termometría (%) | 86 | 0 | 0 | *** |
| Silos con termometría (%) | 80 ^b | 4 ^a | 0.5 ^a | - |
| No utilizaban DDVP (%) | 64 | 42 | 42 | * |
| Contrataban servicios especializados de fumigación (%) | 55 | 11 | 5 | *** |
| Limpieza de la planta semanal (%) | 56 | 59 | 70 | NS |
| Procedimientos y registros de limpieza de la planta (%) | 0 | 0 | 0 | NS |
| Limpieza de silos previa al llenado (%) | 96 | 89 | 90 | NS |
| Procedimientos y registros de limpieza de los silos (%) | 0 | 0 | 0 | NS |
| Monitoreo de insectos (%) | 78 | 77 | 75 | NS |
| Procedimientos y registros del monitoreo de insectos (%) | 0 | 0 | 0 | NS |
| Registros de aplicación de insecticidas (%) | 0 | 0 | 0 | NS |

NS, no significativo; *P<0.05; ** P <0.01; *** P <0.001 en la prueba de Chi-cuadrado (X²).

En una misma línea, letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos (P <0.05) en la prueba de Tukey.

†: debido a datos faltantes en la base de datos original, los resultados se consideran aproximados y por lo tanto no se realizaron pruebas estadísticas.

4. Discusión

Los resultados muestran que el sistema de acopios de granos argentino es heterogéneo desde todos los puntos de vista estudiados (estructural, tecnológico y de control de insectos). Por lo tanto, se espera que los diferentes grupos de acopios estén diferencialmente posicionados para hacer frente al aumento de la producción de granos y poder estar a la altura de las crecientes demandas de inocuidad y calidad. Las principales características estructurales, tecnológicas y de control de insectos de cada grupo se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen de aspectos estructurales, tecnológicos y de control de insectos de cada grupo de plantas de acopio.

| Item | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Tamaño | Grande | Intermedio | Pequeño |
| Índice de rotación | Bajo | Intermedio | Alto |
| Capacidad de secado | Intermedia | Intermedia | Baja |
| Capacidad de descarga de camiones | Alta | Alta | Baja |
| Capacidad de muestreo de grano | Alta | Intermedia | Baja |
| Capacidad de noria | Alta | Alta | Baja |
| Capacidad de aireación | Alta | Alta | Intermedia |
| Disponibilidad de termometría | Alta | Baja | Baja |
| Automatización de la aireación | Baja | Ausente | Ausente |
| Control de insectos | Semi-profesionalizado | No profesionalizado | No profesionalizado |

4.1. Principales desafíos para incrementar la recepción de mercadería

Dos aspectos clave están relacionados con la capacidad de un acopio para incrementar la cantidad de mercadería que recibe por año: 1) la capacidad de recepción de granos y 2) el índice de rotación. Una recepción de granos rápida y eficiente depende de la disponibilidad de rampas hidráulicas de descarga y caladores neumáticos, junto con una alta capacidad de la noria principal, porque permiten aumentar el flujo de camiones con mínimo personal (Hurburgh y Bern, 1983). El índice de rotación de la planta proporciona una indicación de la eficiencia del uso de la capacidad de almacenamiento disponible (Calzada y Frattini, 2015). Una relación baja indica que se podría recibir más grano con la misma capacidad de almacenamiento, y sugiere una baja eficiencia. Una relación alta, por el contrario, indica una alta eficiencia porque la instalación de almacenamiento se está acercando a su capacidad máxima de recepción. Según Vachal y Tolliver (2001), los elevadores de EE.UU., con características similares a las consideradas en este estudio, mostraron una mayor eficiencia en términos de índice de rotación (promedio de 4,1 frente a 2,2, respectivamente). En efecto, en tres de los estados norteamericanos se encontraron índices de rotación muy elevados (7,8; 6,5; y 6,2 año⁻¹) mientras que solamente uno de estos estados el índice de rotación fue similar al promedio argentino.

En este contexto, el Grupo 1 estaría en condiciones favorables para manejar un aumento de la producción del 10-20% con sus instalaciones actuales, ya que ha invertido en las tecnologías necesarias para facilitar una recepción rápida de granos (es decir, rampas de descarga hidráulicas, caladores neumáticos y norias de alta capacidad). Además, habría un margen considerable en el Grupo 1 para aumentar el índice de rotación. Esto daría lugar a mayores posibilidades de recepción de granos sin inversión adicional en capacidad de almacenamiento.

Las instalaciones del Grupo 2 también podrían aprovechar un aumento de la producción ya que están dotadas de rampas de descarga hidráulicas y una capacidad de transporte adecuada, pero se requerirían inversiones en tecnología de muestreo neumático para aumentar su capacidad de recepción. Al igual que en el Grupo 1, la tasa de rotación del Grupo 2 aún podría aumentarse y, en general, no se necesitaría capacidad de almacenamiento adicional para acomodar los excedentes

de producción. Es de destacar que aumentar el índice de rotación implicaría un cambio en el modelo de negocio de aquellos acopios en los que las principales ganancias proceden del alquiler de espacio de almacenamiento durante largos períodos de tiempo. Por otro lado, una rotación más rápida puede representar una ventaja para los acopios desde el punto de vista de la conservación del grano, ya que preservar la calidad e inocuidad del grano durante un período corto es menos complejo.

Por el contrario, se espera que los acopios del Grupo 3 encuentren serias limitaciones para aprovechar una mayor producción de granos. Para aumentar su índice de rotación se requerirían importantes inversiones en caladores neumáticos, rampas de descarga hidráulicas, norias de mayor capacidad y, eventualmente, mayor capacidad de almacenamiento.

4.2. Principales desafíos para implementar BPM y preservar la calidad e inocuidad de los granos

4.2.1. Secado de granos

Una capacidad de secado adecuada es la piedra angular para un almacenamiento seguro (Birzele et al., 2002; Shanahan, 2003; Magan et al., 2003). Los Grupos 1 y 2 contaron con capacidades de secado similares. Sin embargo, podrían ser necesarias mayores inversiones en secado ya que sería el maíz -el grano más demandante en términos de secado (Bartosik, 2013)- el cultivo con mayor incremento de producción en los próximos años (Fernández Zambón, 2018). Por el contrario, en la actualidad el Grupo 3 está muy limitado para secar adecuadamente el grano. Por lo tanto, aumentar la capacidad de secado sería un requisito crítico para que el Grupo 3 pueda proporcionar un almacenamiento seguro.

En todos los grupos, la capacidad promedio de la noria principal fue mayor que la capacidad de secado, lo que implica que en general habría margen para aumentar el tamaño de la secadora sin grandes inversiones en equipos de transporte.

4.2.2. Aireación y monitoreo de granos durante el almacenamiento

Los Grupos 1 y 2 están en condiciones de manejar la temperatura y reducir los riesgos de almacenamiento ya que prácticamente todos los silos tienen aireación. Por el contrario, se encontró una restricción tecnológica para mantener condiciones seguras durante el almacenamiento en el Grupo 3, donde el porcentaje de silos con aireación disminuyó al 69%.

El manejo de la aireación, sin embargo, está lejos de ser eficiente en los tres grupos. Sólo una pequeña proporción de la aireación está automatizada en el Grupo 1 mientras que la automatización es prácticamente inexistente en los Grupos 2 y 3. La aireación automatizada logra enfriar los granos de manera más eficiente que lo que se puede lograr manualmente, reduciendo los riesgos de daños por insectos y el deterioro general de la calidad, y minimiza el tiempo de funcionamiento del ventilador con el consiguiente ahorro en el consumo de energía (Hagstrum et al., 2008; Navarro et al., 2012; Yigezu et al., 2008). Además, el manejo manual de la aireación a menudo conduce a un secado excesivo del grano (Maciel et al., 2015). En efecto, es habitual que, para evitar pérdidas por merma de humedad, los gerentes de acopios tengan como estrategia almacenar una porción de grano húmedo para mezclar con el grano excesivamente seco (por mal manejo de aireación) y cumplir con los estándares comerciales de contenido de humedad, asumiendo riesgos adicionales. Por lo tanto, la incorporación de controladores de aireación contribuiría no solo a reducir el secado excesivo de granos, sino también a evitar las posibles pérdidas de calidad y cantidad relacionadas con el almacenamiento de granos húmedos.

Por su parte, los sistemas de monitoreo de temperatura proporcionan información crítica para optimizar la estrategia de aireación y permitir la detección temprana de puntos calientes debido

a la actividad microbiológica o de insectos, lo que permite una respuesta rápida (Chang et al., 1994; Rashid et al., 2013). Esta posibilidad solo está disponible en el Grupo 1, donde el 80% de los silos tienen cables de temperatura, mientras que en los Grupos 2 y 3 esta información no está disponible.

En resumen, para aprovechar al máximo los beneficios de la aireación, la incorporación de controladores de aireación automáticos sería necesaria en los tres grupos, mientras que los Grupos 2 y 3 deberían incorporarse además cables de temperatura.

4.2.3. Estrategias de control de insectos sin DDVP

En el presente estudio, detectamos que el uso de DDVP en el momento del despacho era una práctica extendida entre los Grupos 2 y 3, y menos frecuente en el Grupo 1. Con la prohibición de DDVP, por lo tanto, todos los grupos tendrán que rediseñar, en mayor o menor medida, su estrategia de control de insectos.

El uso frecuente de DDVP como recurso de última instancia para el control de insectos revela indirectamente un programa de control de plagas deficiente y un bajo nivel de concientización de los riesgos del uso incorrecto de insecticidas. Esta cultura de trabajo arraigada probablemente lleve a que en algunos acopios se intente reemplazar el DDVP con otro insecticida de poscosecha. Sin embargo, ninguno de los insecticidas registrados tiene el poder de volteo del DDVP (Desmarchelier et al., 1977) por lo que es posible que se incremente la dosis del insecticida de reemplazo por encima de lo recomendado en el marbete, con el consiguiente riesgo de exceder los LMR correspondientes. Se puede especular, por lo tanto, que se necesitarán cambios profundos en las políticas de las empresas, las prácticas de prevención de insectos y la educación de los trabajadores de los acopios para cambiar la cultura de control de plagas basadas esencialmente en el uso de insecticidas y avanzar hacia la implementación de programas de MIP, donde los insecticidas son una herramienta más.

En el presente estudio, ninguno de los acopios muestreados tenía un programa de MIP en curso. La factibilidad para incorporar esquemas de MIP en los grupos de acopios se evaluó a través de tres aspectos clave: saneamiento, monitoreo de insectos y prácticas de fumigación. La disponibilidad de tecnología de aireación y monitoreo de temperatura de grano en cada grupo también se consideró como un requisito para la implementación exitosa de MIP, y se ha discutido previamente (Sección 4.2.2).

La inexistencia de procedimientos y registros de limpieza documentados demuestra que ninguno de los tres grupos identificados consideró la limpieza de instalaciones como base de su estrategia de manejo de insectos, independientemente de su escala o nivel tecnológico. La limpieza de las instalaciones y los depósitos es una práctica crítica para eliminar los residuos de granos infestados y, por lo tanto, para evitar que actúen como fuentes de infestación del grano recién cosechado (Hagstrum et al., 2010; Holscher, 2000; Schöller et al., 1997). Del mismo modo, el monitoreo de insectos no se formalizó en ninguno de los grupos. En general, solo una fracción menor de los silos de un acopio necesita fumigación (u otra medida de control químico) en un determinado momento, y el monitoreo debería poder identificarlo rápidamente. Además, la detección de silos donde falló el tratamiento de plagas es importante para reducir el riesgo de infestación en silos cercanos (Hagstrum et al., 2010). Las muestras de granos para detectar insectos deben obtenerse de diferentes profundidades y ubicaciones, especialmente en la superficie del grano, el centro o corazón del granel y aquellas áreas que muestran lecturas de alta temperatura o humedad (Holscher, 2000). En los tres grupos se necesitarán cambios para mejorar la limpieza y el monitoreo de insectos, tales como el desarrollo de protocolos y listas de verificación, y la asignación de tiempo y recursos humanos para llevar a cabo las actividades programadas.

Este estudio mostró que la mayor parte de los acopios muestreados realizaban fumigación con su propio personal, el cual no estaba capacitado ni tampoco se implementaban procedimientos de

fumigación apropiados (es decir, sellar la estructura de almacenamiento para reducir las fugas de gas y medir las concentraciones de fosfina), lo cual puede resultar en riesgo de exposición excesiva para los fumigadores y el resto del personal del acopio (Toews et al., 2005). A largo plazo, estas malas prácticas de fumigación también pueden contribuir a la aparición de insectos resistentes a la fosfina (Adam et al., 2010). Solo una fracción del Grupo 1 estaba algo más familiarizado con los servicios profesionales de fumigación. La baja preocupación por la eficacia de la fumigación está relacionada con la ausencia de una figura de fumigador con licencia oficial, con habilidades y conocimiento para sellar herméticamente las estructuras de almacenamiento, realizar pruebas de hermeticidad, calcular dosis de manera precisa, distribuir el fumigante de manera uniforme y monitorear la concentración durante el tratamiento (Donahaye, 2000). Ahora que el DDVP ha sido prohibido definitivamente la fosfina se constituye en la principal alternativa para la eliminación de insectos, por lo que se deben realizar esfuerzos especiales en los tres grupos para profesionalizar la fumigación.

5. Conclusiones

En función de los resultados, se puede afirmar que con inversiones menores en capacidad de secado y automatización de aireación, y la implementación de prácticas de MIP (que implican principalmente cambios gerenciales), casi el 50% del grano argentino podría almacenarse bajo BPM (Tabla 4). Tal progreso puede lograrse implementando los cambios descritos en las instalaciones del Grupo 1, que representan el 26% de los acopios. Con inversiones en capacidad de muestreo y cables de temperatura en el 52% de las instalaciones (Grupo 2), un 46% adicional del grano podría almacenarse bajo sistemas BPM. El 22% restante de las instalaciones (Grupo 3, que solo maneja el 5% del grano) requeriría inversiones sustanciales en dotación tecnológica y cambios radicales en la gestión de las instalaciones para calificar como sistemas BPM. Los mayores recursos financieros y humanos de las instalaciones de escala grande e intermedia de los Grupos 1 y 2 posicionan mejor a estos acopios para lograr con éxito las mejoras identificadas, mientras que las instalaciones con menos recursos (acopios de baja escala del Grupo 3) pueden requerir más esfuerzo por mejorar su desempeño (Williams et al., 2015).

El sector argentino de poscosecha, incluidas las empresas privadas, las instituciones de investigación, las universidades y las agencias gubernamentales, debe hacer un esfuerzo conjunto para aumentar el nivel general de gestión de la calidad del grano mediante la implementación de BPMs. El desarrollo de controladores de aireación económicos y sistemas de monitoreo de temperatura orientados a instalaciones pequeñas y medianas podría contribuir a una mejora sustancial de la gestión de granos en este tipo de acopios. El desarrollo de sistemas de monitoreo de granos alternativos y asequibles, como el basado en la medición de dióxido de carbono (Maier y Channaiah, 2010; Zhai et al., 2015), también podría ser beneficioso. Herramientas como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) podrían ayudar a organizar mejor la implementación de BPM y mantener un registro de la información crítica (Flinn et al., 2007). También se deben ofrecer campañas de concientización sobre las ventajas de implementar sistemas BPM y un mayor número de cursos y talleres de capacitación en MIP y BPM. Finalmente, reglamentar que los granos deban ser tratados por controladores de plagas certificados oficialmente, como en los Estados Unidos y Australia (US EPA, 2019; NSW Australia EPA, 2019) podría ser una contribución importante de las agencias oficiales.

Tabla 4. Porcentaje de granos almacenado y necesidad de mejoras en cada grupo.

| Ítem | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 |
|--|---------|---------|---------|
| Plantas en la muestra (%) | 26 | 52 | 22 |
| Granos almacenados (%) | 50 | 45 | 5 |
| Inversiones necesarias para beneficiarse de un aumento de 10-20% en la producción de granos | | | |
| Capacidad de almacenamiento | - | - | +++ |
| Rampa hidráulica | - | - | +++ |
| Calador neumático | - | + | +++ |
| Mejoras necesarias para implementar BPM | | | |
| Capacidad de secado | + | + | +++ |
| Aireación (ventiladores) | - | - | + |
| Termometría | - | ++ | +++ |
| Controladores automáticos de aireación | ++ | +++ | +++ |
| Limpieza y monitoreo de insectos | +++ | +++ | +++ |
| Procedimientos de fumigación | ++ | +++ | +++ |
| Registro de acciones relacionadas a MIP | +++ | +++ | +++ |

Nota: '-' = no se necesitan; '+' = menores, '++' = intermedias, '+++' = sustanciales.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a Rubén Roskopf, Adriana Godoy, Enrique Behr, Mauricio Farrell, Hernán Ferrari y Mauricio Santa Juliana por su cooperación en la recopilación de datos. La colaboración de los gerentes de acopios también es muy valorada. Este estudio fue financiado por los Proyectos Nacionales de INTA PNAlyAV 1130023 y PNCyO 1127022.

7. Referencias

- Abadía, M.B., Bartosik, R.E., 2013. Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria., First. ed. INTA Ediciones, Buenos Aires, Argentina.
- Abdi, H., Valentin, D., 2007. Multiple correspondence analysis. *Encycl. Meas. Stat.* 651–657. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2009.02.003>
- Adam, B.D., Siaplay, M., Flinn, P.W., Brorsen, B.W., Phillips, T.W., 2010. Factors influencing economic profitability of sampling-based integrated pest management of wheat in country elevators. *J. Stored Prod. Res.* 46, 186–196. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.04.004>
- Agro-industry Secretariat, 2018. Infraestructura de acopio y almacenaje de Argentina [WWW Document]. URL https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/infraestructura/
- Agro-industry Secretariat, 2017. Producción de cultivos en Argentina. Campaña 2016-2017. [WWW Document]. URL <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas>
- Argentine Ministry of Agriculture, 2011. Plan estratégico agroalimentario y agroindustrial, participativo y federal 2010-2020 [WWW Document]. URL https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_000001-libro_pea_argentina_lider_agroalimentario.pdf
- Bartosik, R., 2013. Secado y calidad de maíz, in: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria (ANAV) (Ed.), *Calidad Del Grano de Maíz Para La Industria y La Producción En Bovinos*. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, p. 11.
- Bartosik, R., 2010. Challenges and characteristics of the South American grain and oilseed postharvest system. *Proc. 10th Int. Work. Conf. Stored-product Prot.* 57–62. <https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.302>
- Birzele, B., Meier, A., Hindorf, H., Krämer, J., Dehne, H.-W., 2002. Epidemiology of Fusarium Infection and Deoxynivalenol Content in Winter Wheat in the Rhineland, Germany. *Eur. J. Plant Pathol.* 108, 667–673. <https://doi.org/10.1023/A:1020632816441>

- Bosona, T., Gebresenbet, G., 2013. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* 33, 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Calzada, J., Corina, S., 2017. Argentina en el mercado mundial de granos y subproductos. *Bols. Comer. Rosario. Inf. Sem. Año XXXV*, 5–7.
- Calzada, J., Frattini, C., 2015. Estructura de los acopios privados y las cooperativas en el almacenaje de granos en Argentina. *Bols. Comer. Rosario. Inf. Sem. Año XXXII*, 6–9.
- Cámara Arbitral De Cereales, 2015. Norma de calidad para la comercialización de granos [WWW Document]. URL <http://www.cac.bcr.com.ar/Biblioteca Digital/Cuadros de comercializacion1.pdf>
- Chang, C.S., Converse, H., Steele, J.L., 1994. Modeling of moisture content of grain during storage with aeration. *Trans. ASAE* 37, 1891–1898.
- Channaiah, L.H., Maier, D.E., 2014. Best Stored Maize Management Practices for the Prevention of Mycotoxin Contamination, in: Leslie, J.F., Logrieco, A.F. (Eds.), *Mycotoxin Reduction in Grain Chains*. John Wiley & Sons, Inc.
- de Groot, I., 2004. Protection of stored grains and pulses, Fifth. ed. Agromisa Foundation, Wageningen.
- Desmarchelier, J.M., Banks, H.J., Williams, P., Minett, W., 1977. Toxicity of dichlorvos vapour to insects in aerated and non-aerated wheat and comparison of the vapour action of dichlorvos and malathion. *J. Stored Prod. Res.* 13, 1–12. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(77\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0022-474X(77)90002-9)
- Donahaye, E.J., 2000. Current status of non-residual control methods against stored product pests. *Crop Prot.* 19, 571–576. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00074-0)
- Dray, S., Dufour, A.B., 2007. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *J. Stat. Softw.* 22, 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>
- European Commission, 2005. Regulation (EC) No 396/2005 [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
- Fernández Zambón, J.I., 2018. Efecto del ácido propiónico en la conservación de maíz húmedo en diferentes sistemas de almacenamiento. Tesis Grado. Fac. Ciencias Agrar. Univ. Nac. Mar del Plata.
- Fleurat-Lessard, F., 2002. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. *J. Stored Prod. Res.* 38, 191–218. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00022-4)
- Flinn, P.W., Hagstrum, D.W., Reed, C.R., Phillips, T.W., 2007. Stored Grain Advisor Pro: Decision support system for insect management in commercial grain elevators. *J. Stored Prod. Res.* 43, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.09.004>
- Fundación INAI, 2017. Escenario de Referencia Agroindustrial Mundial y Argentino al 2026/2027 (ERAMA 2026/2027). <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science (80-.)*. 327, 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Grain Trade Australia, 2013. Management of Grain Within the Australian Grain Supply Chain: Australian Grain Industry- Code of Practice [WWW Document]. URL <http://www.graintrade.org.au/grain-industry-codes>
- Hagstrum, D.W., Flinn, P.W., Reed, C.R., Phillips, T.W., 2010. Ecology and IPM of Insects at Grain Elevators and Flat Storages. *Biopestic. Int.* 6, 1–20.
- Hagstrum, D.W., Flinn, P.W., Reed, C.R., Phillips, T.W., 2008. Stored-grain Insect Areawide Pest Management. *Publ. from USDA-ARS/UNL Fac.* 226–243.
- Holscher, K., 2000. Integrated Pest Management of Stored Grain Insects: Current Status and Future Concerns, in: *Proceedings of the 12th Annual Integrated Crop Management Conference*. pp. 41–47.
- Hurburgh, C.R., Bern, C.J., 1983. Sampling Corn and Soybeans I . Probing Methods. *Trans. ASAE* 26, 930–934.
- Husson, F., Josse, J., Pagès, J., 2010. Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data?, Technical Report.
- Husson, F., Lê, S., Pagès, J., 2014. Multiple Correspondence Analysis, in: Greenacre, M., Blasius, J. (Eds.), *The Visualization and Verbalization of Data*. CRC Press, pp. 165–184.
- Japan Food Chemical Research Foundation, 2019. Maximum Residue Limits (MRLs) List of Agricultural Chemicals in Foods [WWW Document]. URL <http://db.ffcr.or.jp/front/>

- Karunakaran, C., Muir, W.E., Jayas, D.S., White, N.D.G., Abramson, D., 2001. Safe storage time of high moisture wheat. *J. Stored Prod. Res.* 37, 303–312. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00033-3)
- Kassambara, A., Mundt, F., 2017. factextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factextra>.
- Laux, C.M., Mosher, G.A., Hurburgh, C.R., 2015. Application of quality management systems to grain handling: An inventory management case study. *Appl. Eng. Agric.* 31, 313–321. <https://doi.org/10.13031/aea.31.10860>
- Le, S., Josse, J., Husson, F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *J. Stat. Softw.* 25, 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Maciel, G., de la Torre, D., Izquierdo, N., Cendoya, G., Bartosik, R., 2015. Effect of oil content of sunflower seeds on the equilibrium moisture relationship and the safe storage condition. *Agric Eng Int CIGR J.* 17, 248–258.
- Magan, N., Aldred, D., Baxter, E., 2014. Good Postharvest Storage Practices for Wheat Grain, in: Leslie, J.F., Logrieco, A.F. (Eds.), *Mycotoxin Reduction in Grain Chains*. John Wiley & Sons, Inc., pp. 209–231.
- Magan, N., Hope, R., Cairns, V., Aldred, D., 2003. Post-harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. *Eur. J. Plant Pathol.* 109, 723–730. <https://doi.org/10.1023/A:1026082425177>
- Maier, D.E., Channaiah, L.H., 2010. Monitoring carbon dioxide concentration for early detection of spoilage in stored grain Immunosorbent Assay (ELISA) (AgraQuant Mycotoxin ELISA Test Kits , Romer Labs Inc .., 10th Int. Work. Conf. Stored Prod. Prot. Monit. 505–509. <https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.332>
- Milán, M.J., Bartolomé, J., Quintanilla, R., García-Cachán, M.D., Espejo, M., Herráiz, P.L., Sánchez-Recio, J.M., Piedrafita, J., 2006. Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livest. Sci.* 99, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.012>
- Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2012. Good postharvest practices for maize. Thai Agricultural Standard. [WWW Document]. URL http://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GPP_MAIZE.pdf
- Navarro, S., Noyes, R., 2001. *The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management*. CRC Press LLC, Boca Raton, Fla, USA.
- Navarro, S., Noyes, R., Casada, M., Arthur, F., 2012. Grain Aeration, in: Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., Cuperus, G. (Eds.), *Stored Product Protection*. Kansas State University, pp. 121–134.
- Nenadic, O., Greenacre, M., 2007. Correspondence Analysis in R, with Two- and Three-dimensional Graphics: The ca Package. *J. Stat. Softw.* 20, 1–13. <https://doi.org/10.1359/JBMR.0301229>
- Niquet, G., Le Bras, A., 2007. Alternatives to dichlorvos after it is banned. *Perspect. Agric.* 338 6–8.
- NSW Australia EPA, 2019. Pest Management Technician or Fumigator Licence - New South Wales [WWW Document]. URL <https://ablis.business.gov.au/service/nsw/pest-management-technician-or-fumigator-licence/16560>
- Oliverio, G., López, G., 2008. Argentina, infraestructura básica: capacidad de almacenamiento de granos., in: XVII Seminario Anual de La Fundación Producir Conservando. Buenos Aires, Argentina, pp. 1–40.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. Version 3.4.3. <https://www.r-project.org/>.
- Rashid, S., Kurt, R., Carl, B., 2013. Effects of Deterioration Parameters on Storage of Maize: A Review. *J. Nat. Sci. Res.* 3, 2224–3186. <https://doi.org/10.13031/aim.20131593351>
- Schöller, M., Prozell, S., Al-Kirshi, A.G., Reichmuth, C., 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *J. Stored Prod. Res.* 33, 81:97.
- SENASA, 2018. Proyecto Resolución-149-2018-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria – Prohibición DDVP. Buenos Aires, Argentina.
- Shanahan, J. F., Brown Jr, W.M., Blunt, T.D., 2003. Aflatoxins. *Crop Ser. Prod.* 3.
- SMN Argentina, 2019. Tendencias climáticas en Argentina (1961-2018) [WWW Document]. URL <https://www.smn.gov.ar/clima/tendencias>
- Solano, C., Bernués, a., Rojas, F., Joaquín, N., Fernandez, W., Herrero, M., 2000. Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. *Agric. Syst.* 65, 159–177. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00030-5)

- Toews, M.D., Phillips, T.W., Payton, M.E., 2005. Estimating Populations of Grain Beetles Using Probe Traps in Wheat-Filled Concrete Silos. *Environ. Entomol.* 34, 712–718. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.3.712>
- US EPA, 2019. Federal Certification Standards for Pesticide Applicators [WWW Document]. URL <https://www.epa.gov/pesticide-worker-safety/federal-certification-standards-pesticide-applicators#private>
- US EPA, 2006. Reregistration Eligibility Decision for Dichlorvos (DDVP) [WWW Document]. URL https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/ddvp_red.pdf
- Vachal, K.J., Tolliver, D.D., 2001. Regional elevator survey: Grain transportation and industry trends for great plains elevators [WWW Document]. URL <http://ntl.bts.gov/lib/12000/12300/12368/DP143.pdf>
- Williams, S.B., Alexander, C.E., Mason, L.J., 2015. Sanitation's impact on the effectiveness of the pest management programs of food processing facilities. *J. Stored Prod. Res.* 60, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.09.010>
- Worster, A., Haines, T., 2004. Advanced Statistics: Understanding Medical Record Review (MRR) Studies. *Acad. Emerg. Med.* 11, 187–192. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2003.03.002>
- Yigezu, Y.A., Alexander, C.E., Preckel, P. V., Maier, D.E., Woloshuk, C.P., Mason, L.J., Lawrence, J., Moog, D.J.P., 2008. Optimal management of molds in stored corn. *Agric. Syst.* 98, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.07.003>
- Zhai, H.C., Zhang, S.B., Huang, S.X., Cai, J.P., 2015. Prevention of toxigenic fungal growth in stored grains by carbon dioxide detection. *Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 32, 596–603. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.968221>