



Minimización de las pérdidas poscosecha de granos:

Resultados de las
plataformas poscosecha
en México (2017-2022)



Autores:

Sylvanus Odjo
Jessica González Regalado
Rodolfo Vilchis Ramos
Ouorou Ganni Mariel Guera
Mariana Pérez García
Luis Castillo Villaseñor
Blanca Aide Albarrán Contreras
Abel Saldivia Tejeda
Nele Verhulst

Revisión Técnica:

Sylvanus Odjo
Nele Verhulst

Corrección y cuidado editorial:

Sarah Martínez Gámiz

Diseño y diagramación editorial:

Mayra Katy Servín Meza

Cita correcta: Odjo, S., González Regalado, J., Vilchis Ramos, R., Guera, O.G.M., Pérez García, M., Castillo Villaseñor, L., Albarrán Contreras, B. A., Saldivia Tejeda, A. y Verhulst, N. (2025). *Minimización de las pérdidas poscosecha de granos: Resultados de las plataformas poscosecha en México 2017-2022*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT, Texcoco, México

ISBN:

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2025. Todos los derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en este documento de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de estos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. Las opiniones expresadas son las del (los) autor (es) y no necesariamente representan las del CIMMYT ni las de nuestros aliados. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente. La información contenida en la publicación *Minimización de las pérdidas poscosecha de granos: Resultados de las plataformas poscosecha en México (2017-2022)*, se deriva de las actividades en las plataformas como parte de: MasAgro Productor-Cultivos para México, apoyado por la SADER; Aprovechamiento de capacidades para la resiliencia y la adopción de innovaciones sostenibles en comunidades rurales de Oaxaca, Chiapas y Campeche Campeche, apoyado por Walmart Foundation; Uso de la Agricultura de Conservación en sistemas agropecuarios en zonas áridas para mejorar la eficiencia en el uso de agua, la fertilidad del suelo y la productividad en países del norte de África y Latinoamérica, CLCA, apoyado por ICARDA e IFAD; y la iniciativa AgriLAC Resiliente del CGIAR.



CIMMYT

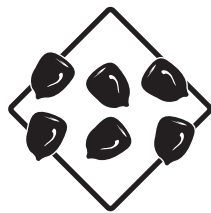
Director Asociado del Programa de Sistemas
Agroalimentarios Sustentables para LATAM
Jelle Van Loon

Líder de Innovación Tecnológica Agrícola,
SAS-LATAM
Sylvanus Odjo

Gerente de Divulgación
Francisco Alarcón González

Hubs de CIMMYT en México
Jorge Octavio García Santiago
Jaime Leal González
Eliud Pérez Medel
Alberto Cabello Cortés
Amador Aguillón Aguillón

Coordinado de Hub
Vladimir May Tzun
Francisco Olguín López
Coordinador de Investigación Hub
Rodolfo Vilchis Ramos
Jessica González Regalado
Mariana Pérez García



**MINIMIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS
POSCOSECHA DE GRANOS:
Resultados de las plataformas
poscosecha en México (2017-2022)**



Índice de Contenidos

Origen e implementación de las plataformas poscosecha en México	8
1. Introducción	8
2. Implementación de las plataformas poscosecha	10
2.1. Tecnologías evaluadas	11
2.2. Buenas prácticas poscosecha implementadas en las plataformas	14
2.3. Colecta de datos en las plataformas poscosecha	15
2.4. Análisis de datos	15
3. ¿Cómo usar este libro?	16
Financiamiento	16
Agradecimientos	16
4. Referencias	17
Prácticas poscosecha de los pequeños agricultores en el estado de Guanajuato, México: Diagnóstico mediante encuestas	18
1. Introducción	18
2. Materiales y métodos	20
3. Resultados y discusión	21
3.1. Descripción de los encuestados	21
3.2. Sistemas de producción	22
3.3. Cosecha y desgrane	24
3.4. Secado del grano	27
3.5. Almacenamiento	28
3.5.1 Modo de almacenamiento	28
3.5.2 Acondicionamiento del grano para almacenar	28
3.5.3 Recipientes de almacenamiento	29
3.6. Plagas poscosecha	30
3.7. Destino del grano	30
4. Conclusión	32
5. Referencias	34
Hub Chiapas	35
Alternativas para la conservación de granos de maíz en Comitán de Domínguez, Chiapas	36
1. Introducción	36
2. Materiales y métodos	37
3. Resultados y discusión	39
3.1. Daños por insectos	39
3.2. Daños por hongos	40
3.3. Número de insectos vivos	41
4. Conclusión y lecciones aprendidas	43
5. Referencias	44
Opciones sustentables para la conservación de granos de frijol en Ocosingo, Chiapas	45
1. Introducción	45
2. Materiales y métodos	46
3. Resultados y discusión	47
4. Conclusión y lecciones aprendidas	49
5. Referencias	50



Conservación de granos de maíz mediante el uso de tecnologías herméticas en la región Los Llanos, Chiapas	51
1. Introducción	51
2. Materiales y métodos	52
3. Resultados y discusión	55
3.1. Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha	55
3.2. Análisis de utilidad económica de las tecnologías evaluadas en la plataforma de Venustiano Carranza, Chiapas	58
4. Conclusión y lecciones aprendidas	59
5. Referencias	61
Alternativas sustentables para la conservación de granos básicos en Villa Corzo, Chiapas	62
1. Introducción	62
2. Materiales y métodos	63
3. Resultados y discusiones	65
3.1. Daños por insectos	65
3.2. Daños por hongos	66
3.3. Calidad de grano y semilla	66
3.3.1. Porcentaje de germinación y promedio de plántulas normales	66
3.3.2. Peso de 100 granos e índice de flotación	67
4. Conclusión y lecciones aprendidas	68
5. Referencias	69
Hub Escala Intermedia	71
Evaluación de diferentes opciones de almacenamiento de granos adaptadas a pequeños agricultores en la sierra Tarahumara, Chihuahua	72
1. Introducción	72
2. Materiales y métodos	74
3. Resultados y discusión	75
4. Conclusión y lecciones aprendidas	78
5. Referencias	79
Hub Golfo Centro	81
Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha de maíz en Tihuatlán, Veracruz	82
1. Introducción	82
2. Materiales y métodos	84
3. Resultados	86
3.1 Daños por insectos	86
3.1 Daños por hongos	88
4. Conclusión	90
5. Referencias	91
Hub Pacífico Centro	93



Promoción de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha en Tlaltizapán de Zapata, Morelos	94
1. Introducción	94
2. Materiales y métodos	96
3. Resultados	99
3.1 Dispersión de granos después del almacenamiento	99
3.2 Daños por insectos	100
3.3 Daños por hongos	102
4. Conclusión	104
5. Referencias	106
Hub Pacífico Centro	107
Tecnologías herméticas: una solución para la conservación de granos y semillas de agricultores en el sistema milpa en la península de Yucatán	108
1. Introducción	108
2. Materiales y métodos	110
3. Resultados y discusión	112
3.1 Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha	112
3.2 Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre algunos parámetros de calidad de grano y semilla	116
4. Conclusión y lecciones aprendidas	120
5. Referencias	122
Hub Pacífico Sur	123
Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha en los Valles Centrales de Oaxaca	124
1. Introducción	124
2. Materiales y métodos	126
3. Resultados y discusión	128
3.1 Efectos de las tecnologías de almacenamiento sobre los daños por insectos	128
3.2 Efectos sobre los daños por hongos	129
3.3. Número de insectos vivos	129
4. Conclusión	131
5. Referencias	132
Evaluación de tecnologías de almacenamiento para reducir pérdidas poscosecha de frijoles en la región de la Mixteca, Oaxaca	133
1. Introducción	133
2. Materiales y métodos	135
2.1. Características de granos almacenados en la región	135
2.2. Implementación de la plataforma	135
3. Resultados y discusión	137
3.1. Daños por insectos	137
3.2. Daños por hongos	138
3.3. Insectos vivos	138
4. Conclusión	140
5. Referencias	141



Tecnologías herméticas y alternativas para disminuir las pérdidas poscosecha en la región del Papaloapan, Oaxaca	142
1. Introducción	142
2. Materiales y métodos	143
3. Resultados y discusión	145
3.1. Daños por insectos	145
3.2. Daños por hongos	146
3.3. Insectos vivos	147
4. Conclusión	150
5. Referencias	151
 Evaluación de las tecnologías herméticas y otras alternativas de almacenamiento para reducir pérdidas poscosecha en la región de la Costa, Oaxaca	152
1. Introducción	152
2. Materiales y métodos	154
3. Resultados y discusión	156
3.1. Daños por insectos	156
3.2. Daños por hongos	157
3.3. Insectos vivos	158
4. Conclusión	160
5. Referencias	161
 Evaluación de tecnologías poscosecha en Santo Domingo Yanhuitlán: Lecciones aprendidas para fomentar buenas prácticas poscosecha en la región de la Mixteca Alta, Oaxaca	162
1. Introducción	162
2. Materiales y métodos	164
3. Resultados y discusión	166
3.1. Daños por insectos	166
3.2. Daños por hongos	167
3.3. Insectos vivos	168
4. Conclusión	170
5. Referencias	171
Hub Valles Altos Maíz	173
 Evaluación de alternativas de almacenamiento en Calimaya, Estado de México	174
1. Introducción	174
2. Materiales y métodos	177
3. Resultados	179
4. Conclusión	180
5. Referencias	181
 Evaluación y promoción de tecnologías que minimizan la merma de granos en Cuautempan, Puebla	182
1. Introducción	182
2. Materiales y métodos	183
3. Resultados y discusión	185
3.1. Daños por insectos	185
3.2. Daños por hongos	187
4. Conclusión	188
5. Referencias	190



Alternativas para minimizar las pérdidas de granos de maíz nativo en San José del Rincón, Estado de México	191
1. Introducción	191
2. Materiales y métodos	193
3. Resultados y discusión	195
4. Conclusión	196
5. Referencias	197
El uso de polvos inertes para la conservación de los granos en los Valles Altos de México	198
1. Introducción	198
2. Materiales y métodos	200
3. Resultados	201
3.1. Daños por insectos	201
3.2. Daños por hongos	202
4. Conclusión	204
5. Referencias	205
Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha de maíces nativos en Texcoco, Estado de México	206
1. Introducción	206
2. Materiales y métodos	208
3. Resultados y discusión	210
3.1. Daños por insectos	210
3.2. Daños por hongos	212
4. Conclusión	214
5. Referencias	215
Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas de granos durante el almacenamiento de frijol en Texcoco, Estado de México	216
1. Introducción	216
2. Materiales y métodos	218
3. Resultados y discusión	220
3.1. Daños por insectos	220
3.2. Daños por hongos	221
4. Conclusión	222
5. Referencias	223
Evaluación de alternativas de almacenamiento en Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo	224
1. Introducción	224
2. Materiales y métodos	225
3. Resultados	227
3.1. Daños por insectos	227
3.2. Daños por hongos	228
4. Conclusión	230
5. Referencias	231



Conclusión	233
Implementación de las plataformas poscosecha en México: lecciones aprendidas y perspectivas	234
1. Introducción	234
2. Efectividad de las tecnologías de almacenamiento para minimizar las pérdidas granos	235
2.1. Tecnologías herméticas	235
2.2. Polvos inertes y polvos vegetales	235
3. Las plataformas poscosecha como base para el extensionismo y vinculación con actores locales	237
4. Conclusión y temas de investigación para el futuro	238
5. Referencias	239



Origen e implementación de las plataformas poscosecha en México



1. Introducción

La inocuidad y la seguridad alimentaria son temas de gran relevancia a nivel mundial en la actualidad. Para contribuir a estos aspectos esenciales, es imprescindible conservar tanto la calidad como la cantidad de los granos básicos. Según datos de la FAO, los cereales aportan aproximadamente con el 50 % del consumo de energía per cápita a nivel global. Las leguminosas, por su parte, ocupan el 2° lugar en cuanto al suministro de cultivos alimentarios para la agricultura mundial.

En México, el cultivo más representativo es el maíz, del cual se identifican 59 razas, que varían en tamaño y forma de la mazorca, así como en la textura y color de sus granos (blanco, amarillo, azul, rojo y negro) (Sánchez G. et al., 2000). Esta diversidad se mantiene gracias a las diferentes condiciones agroecológicas del cultivo, que van desde 0 hasta los 3 400 metros sobre el nivel del mar (msnm), y al papel fundamental que desempeñan los agricultores y sus familias en la selección y el manejo de estos cultivos ciclo tras ciclo. El frijol también es un cultivo importante en la dieta de los mexicanos y constituye una de las principales fuentes de proteínas (Raya-Pérez et al., 2014). Por su importancia económica, social y cultural, la mayoría de los agricultores que cultivan maíz y leguminosas destinan su producción al autoconsumo, ya que son parte esencial de la dieta, y, en algunos casos, representan una oportunidad de obtener ingresos económicos mediante la venta de los excedentes de la cosecha (Figueroa Cárdenas et al., 2013).

Sin embargo, la producción de maíz y granos en general, particularmente en el contexto de la agricultura familiar en México, enfrenta múltiples retos, como el cambio climático, la baja productividad y las pérdidas poscosecha. Estas pérdidas, que pueden alcanzar hasta el 40 % de la cosecha después de seis meses de almacenaje en condiciones tropicales en México, son provocadas por la presión de las principales plagas de almacenamiento, hongos y roedores, por el uso de malas prácticas y tecnologías inadecuadas (Odjo et al., 2020). Minimizar las mermas de granos es una de las formas útiles de reforzar la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de alimentos.

A partir de 2010, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha implementado en México el modelo de los Hubs, que busca fomentar la innovación a nivel local para abordar los desafíos asociados con la producción agrícola y la seguridad alimentaria en agroecologías específicas, en colaboración con actores locales (agricultores, proveedores de insumos, prestadores de servicios, compradores de granos, gobiernos y agencias no gubernamentales). La implementación del modelo del Hub se enfoca en comprender las necesidades de los actores involucrados y co-diseñar soluciones adaptadas al contexto local (Camacho-Villa et al., 2016; Govaerts et al., 2021). Este modelo implica una gestión integrada del saber, que incluye el intercambio de conocimientos y la co-creación con los agricultores para lograr un cambio sostenible y sistémico. El establecimiento de las plataformas poscosecha y el desarrollo de soluciones para minimizar las mermas de granos surgieron de este enfoque, en respuesta a solicitudes de agricultores y comunidades locales para atender el problema de las pérdidas en sistemas de autoconsumo y transición hacia el mercado.

Las pérdidas poscosecha ocurren en varias etapas de la producción de granos desde la madurez fisiológica. En general, los agricultores en México secan sus granos en el campo por un largo período, lo que puede resultar en infestaciones por hongos y/o insectos. Después de la cosecha, el secado, trillado y la limpieza inadecuados pueden facilitar el desarrollo de plagas poscosecha y causar mayores daños. En México, los agricultores almacenan sus granos durante varios meses utilizando diversas tecnologías, incluidas las estructuras de madera (troje) o costales de polipropileno, a veces en combinación con insecticidas (García-Lara y Bergvinson, 2007; González-Regalado et al., 2017; Odjo et al., 2020; Rivers et al., 2017; Tigar et al., 1994). Estos métodos no proporcionan suficiente protección contra las plagas de almacenamiento, como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*) y para el frijol, el gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*) y el gorgojo pinto de los frijoles (*Zabrotes subfasciatus*) (García-Lara y Bergvinson, 2007).



En este libro se presentan los resultados del CIMMYT y de la red de colaboradores en México sobre la implementación de plataformas poscosecha en diferentes agroecologías de sistemas agroalimentarios de autoconsumo y en transición hacia el mercado. El objetivo de esta publicación es

compartir los resultados de investigación realizada entre 2017 y 2022, así como las recomendaciones derivadas de estas plataformas y los temas que aún requieren investigación. Este libro está dirigido a agricultores, técnicos, agentes de cambio y representantes gubernamentales.

2. Implementación de las plataformas poscosecha

Las plataformas poscosecha son espacios destinados a la investigación, donde se evalúan diferentes prácticas de almacenamiento con el objetivo de desarrollar recomendaciones que permitan minimizar las pérdidas de granos en un contexto específico. La decisión de implementar una plataforma poscosecha generalmente surge de un diagnóstico realizado con agricultores y otros colaboradores, quienes identificaron las pérdidas poscosecha

durante el almacenamiento como uno de los principales problemas que limitan su productividad. Estas plataformas se implementaron en colaboración con instituciones locales, tales como uniones de agricultores, despachos de técnicos, departamentos o agencias de gobiernos locales, escuelas superiores agropecuarias (Centros de Bachillerato Tecnológico Agropecuario), universidades e instituciones de investigación como el INIFAP (ver Tabla 1).

■ **Tabla 1:** Instituciones locales que implementaron plataformas poscosecha entre 2017 y 2022.

Hub	Estado	Institución	Municipio
Chiapas	Chiapas	Instituto Tecnológico de Comitán (TecNM Comitán)	Comitán de Domínguez
		Despacho El Can'Chix, S.C.	Ocosingo
		Servicios Integrales de Asesoría	Venustiano Carranza
		Despacho de la Piedra Constantino	Villa Corzo
Escala Intermedia	Chihuahua	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 170	Guachochi
Golfo Centro	Veracruz	Citricultores Tihuatlecos Asociados S.C. de R.L. de C.V.	Tihuatlán
Pacífico Centro	Morelos	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	Tlaltizapán
Península de Yucatán	Yucatán	Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)	Peto
			Yaxcabá



Pacífico Sur	Oaxaca	Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocón	Ciénega de Zimatlán San Juan Cotzocón
		Unión de Ejidos y Comunidades de Producción y Comercialización Agropecuaria R.I.	San Andrés Sinaxtla
		Sociedad Agroecológica de la Costa de Oaxaca	San Pedro Pochutla
		Sitio experimental Mixteca Oaxaqueña, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Santo Domingo Yanhuitlán
Valles Altos Maíz	Hidalgo	Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguesa (UTSH)	Zacualtipán de Ángeles
	Estado de México	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	Texcoco
		Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEM)	Calimaya
		Desarrollo Agropecuario y Forestal	San José del Rincón
	Puebla	Unión Rural de Productores de Cuautempan y Tetela S.P.R. de R.L.	Cuautempan

2.1. Tecnologías evaluadas

El enfoque de las plataformas poscosecha se centró en evaluar tecnologías de almacenamiento, por lo que se consideró que la aplicación de buenas prácticas poscosecha previo al almacenamiento puede disminuir el desperdicio de granos. Se evaluaron diferentes tipos de tecnologías de almacenamiento:

- Las tecnologías convencionales representan la práctica común en cada localidad donde se encuentra la plataforma. Estas también se consideran como una base para medir la efectividad de las otras opciones, como el costal de polipropileno y el troje (véase Figura 1).



Figura 1. Evaluación de troje (izquierda), costal de polipropileno (derecha) y otros tratamientos en las plataformas poscosecha de Peto y Yaxcabá, 2019.



- Las tecnologías herméticas son aquellas selladas herméticamente con un nivel bajo de oxígeno que causa la mortalidad de los insectos. Entre estas tecnologías se encuentran el silo hermético metálico y la bolsa plástica hermética. El silo hermético metálico es una estructura cilíndrica de almacenamiento, fabricada con lámina lisa galvanizada, que cuenta con dos tapones para la introducción y extracción del grano, y se fabrica mediante un proceso que asegura su hermeticidad (véase Figura 2). La bolsa plástica hermética, por su parte, es una bolsa de polietileno de alta resistencia, con excelentes propiedades de barrera contra el agua y los gases, y puede ser de amarre o con cierre de zíper (véase Figura 3).
- Las tecnologías herméticas alternativas incluyen contenedores de recuperación (reciclados) o bolsa de otros tipos de menor costo, que se utilizan como tecnologías herméticas. Un ejemplo de estas son los garrafones de PET y las bolsas plásticas estándar, comúnmente empleadas para la elaboración de ensilaje (véase Figura 3).



■ **Figura 2.** Exposición de tecnologías de almacenamiento (silos herméticos metálicos de diferentes capacidades, botellas y garrafones de PET) evaluadas en las plataformas poscosecha.



■ **Figura 3.** Amarre de una bolsa plástica hermética en la plataforma de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, 2018.



- Los polvos inertes se usan mezclados con los granos y en combinación con el costal de polipropileno. Estos tienen un efecto abrasivo y desecante sobre los insectos, lo que les confiere el potencial de reducir las pérdidas poscosecha (véase Figura 4).
- Los polvos vegetales se obtienen moliendo hojas secas de ciertas especies plantas con propiedades insecticidas. Se evaluaron polvos de epazote (*Dysphania ambrosioides*) y hierba santa (*Piper auritum*) mezclados con los granos y en combinación con el costal de polipropileno y la cubeta.

En cada plataforma, se comparan las tecnologías convencionales utilizadas por los agricultores con otros tipos de tecnologías. El diseño experimental (particularmente las tecnologías a evaluar) se decide en conjunto con los colaboradores locales, y se toman en cuenta las prácticas locales y la disponibilidad de tecnologías de almacenamiento en el mercado local. Los tiempos de almacenamiento varían generalmente entre tres y doce meses, de acuerdo con las prácticas de los agricultores en cada región.



■ **Figura 4.** Acondicionamiento de granos con tierras de diatomeas en la instalación de la plataforma de Texcoco, Estado de México, 2020 (izquierda). Acondicionamiento de granos con cal micronizada en la instalación de la plataforma de Venustiano Carranza, Chiapas, 2020 (derecha).

2.2. Buenas prácticas poscosecha implementadas en las plataformas

Es importante considerar que, al momento de implementar una plataforma poscosecha, se aplica la regla de oro del almacenamiento: “almacenar un grano sano, seco, limpio y fresco en un lugar limpio y fresco”. Esta práctica permite minimizar las pérdidas de granos causadas por malas prácticas poscosecha antes del almacenamiento, y evaluar el efecto de las tecnologías en la plataforma. Por ejemplo, en el caso particular del maíz, se procura que la humedad del grano almacenado no supere el 14% ya que estas condiciones reducen los riesgos de proliferación de hongos.

Previo al inicio de la evaluación, también se verifica la hermeticidad de las tecnologías de almace-

namiento (tecnologías herméticas y tecnologías herméticas alternativas) que funcionan bajo ese principio (véase Figura 5). En el caso de los silos metálicos herméticos, se realiza una prueba de aire o de agua, y se buscan fugas en el cuerpo y las uniones del silo (Vargas Lara et al., 2019). Si se identifican fugas, se reparan antes de la instalación de la plataforma para asegurar la hermeticidad del recipiente. Una prueba similar se realiza con los tambos plásticos mediante el uso de agua. Cabe mencionar que, en el caso de los silos metálicos herméticos, si no se llena completamente el recipiente, se introducen velas para agotar el oxígeno dentro del silo. En el caso de las bolsas plásticas, se ingresa aire y se enrolla la boca de manera que el aire no pueda escapar, seguido de una inspección para detectar posibles pinchaduras (perforaciones).



Si no se detectan fugas de aire, se considera que la bolsa es hermética; si se encuentra algún orificio, y no es muy grande, se repara con la aplicación de

un parche de cinta de alta adherencia (cinta para ducto) tanto por la parte externa como interna.



■ **Figura 5.** Revisión de la hermeticidad de bolsas plásticas (izquierda) y de un silo metálico hermético con la prueba de agua (derecha) en la instalación de la plataforma Texcoco, Estado de México, 2019.

2.3. Colecta de datos en las plataformas poscosecha

La metodología de la colecta de datos en las plataformas poscosecha fue descrita en detalle en investigaciones previas (Odjo *et al.* 2020). Cada recipiente evaluado en una plataforma poscosecha cuenta con tres repeticiones. En la instalación de una plataforma poscosecha, después de la limpieza de los granos y antes del llenado de los recipientes, se mide la humedad y la temperatura del grano en tres repeticiones, usando un medidor de humedad portátil (John Deere Moisture Check Plus Grain Moisture, Illinois, USA). Al mismo tiempo, se recolectan tres muestras representativas de aproximadamente entre 0.5 kg y 1 kg de granos para la evaluación de daños. En el proceso, se obtienen también tres muestras representativas por recipiente para evaluar el efecto de la tecnología.

El “daño al grano” se define como el desgaste físico y la evidencia aparente de deterioro, como agujeros, grietas, hendiduras y decoloración. En las muestras recolectadas, los colaboradores capacitados verificaron visualmente los diferentes tipos de daños. El grano con daños por insectos se identifica cuando presenta perforaciones de galerías. El daño por hongos se identifica en granos que presentan, en la superficie o en el germen o embrión, desarrollo parcial o total del micelio de hongos. Este tipo de daño generalmente se caracteriza por una

decoloración (azulada, negruzca, verde, naranja o amarillento). Otros tipos de daños incluyen cualquier alteración física o química causada por otros agentes, como grano dañado por roedores (con mordeduras), grano dañado por el calor, grano partido o grano distinto del maíz (Boxall, 1986). Dado que algunos granos pueden tener más de un tipo de daño (por ejemplo, daños por insectos y hongos), estos fueron pesados en cada categoría de daño. Estos datos se utilizaron para estimar el porcentaje de cada tipo de daño, ya que se dividió el peso de los granos dañados por el peso inicial de la muestra. El porcentaje total de grano dañado se obtiene al pesar todos los granos dañados juntos y dividir esa cantidad por el peso inicial de la muestra. En la mayoría de las plataformas, los principales daños fueron causados por insectos y hongos, por lo que la presentación de los resultados se limitó a estos dos tipos de daños.

También se identificaron los insectos presentes en las muestras al usar una guía de plagas en granos almacenados. Las especies de insectos contabilizados incluyeron el gorgojo, el barrenador y la palomilla en el caso del maíz, y los gorgojos en el del frijol (García Lara *et al.*, 2007). Se registró el número de insectos adultos vivos y muertos. Un insecto se contabiliza como muerto si no presenta ningún movimiento durante el conteo de daños en las muestras, mientras que un insecto vivo presenta



movimiento dentro o afuera del grano. En general, se reportó el número promedio de insectos vivos por muestra de 500 g como una medida efectiva de la tecnología de almacenamiento para controlar dichos insectos.

2.4. Análisis de datos

Los datos recolectados en cada plataforma se capturaron en Excel. Se calcularon la media y la desviación estándar para cada tecnología de almacenamiento como estadísticas descriptivas, y los resultados se presentaron en gráficas. Para los análisis estadísticos, se usó el programa R, versión

4.2.1. Se compararon las tecnologías de almacenamiento por plataforma y por tiempo de almacenamiento mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey para identificar las diferencias entre las tecnologías ($P < 0.05$). Los resultados de los análisis estadísticos se presentaron en las gráficas al utilizar diferentes letras, donde las tecnologías con las mismas letras se consideraron estadísticamente similares en su desempeño para minimizar las pérdidas de granos. Además, en la presentación de los resultados se indicó que existe una diferencia significativa cuando $P < 0.05$, y se menciona el valor del P en paréntesis.

3. ¿Cómo usar este libro?

El libro comienza con un diagnóstico del sistema poscosecha en el estado de Guanajuato. Luego, se presentan los resultados de las plataformas poscosecha, organizadas por hub y por la plataforma correspondiente. Cada capítulo resume información sobre el contexto de la plataforma (incluye datos climáticos obtenidos de www.climate-data.org), las tecnologías evaluadas y los resultados obtenidos. Al final de cada capítulo, se sintetiza la información en una tabla con los resultados de cada tecnología y las recomendaciones correspondientes. Estos cuadros de resumen sirven como una herramienta de consulta rápida, mientras que los capítulos completos proporcionan contexto y detalles adicionales.

Estos resultados están dirigidos a los agricultores y técnicos de las zonas donde se hizo la investigación, con el objetivo de reducir las pérdidas de granos durante el almacenamiento. También pueden ser útiles para técnicos e investigadores de regiones con condiciones similares, que deseen validar las recomendaciones en sus propias zonas.

Financiamiento

La implementación de las plataformas poscosecha fue posible gracias al apoyo de varios donantes:

- **MasAgro Productor-Cultivos para México**, gracias al apoyo de la Secretaría de Agricultura

del gobierno federal de México (SAGARPA y SADER).

- **Milpa Sustentable en la Península de Yucatán**, gracias al apoyo de la Fundación Haciendas del Mundo Maya y Fomento CitiBanamex.
- **MasAgro Guanajuato**, gracias al apoyo de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR) del gobierno del estado de Guanajuato.
- **CGIAR Research Program on Maize (MAIZE) y One-CGIAR initiative AgriLAC Resiliente**, con el apoyo de los donantes W1 y W2 del CGIAR, incluidos gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo y otros organismos públicos y privados de desarrollo.

Cualquier opinión, hallazgo, conclusión o recomendación expresados en este libro son responsabilidad exclusiva de los de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los donantes mencionados anteriormente.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al personal técnico de cada hub y a toda la red de colaboradores y agricultores que, con sus ideas, tiempo y cooperación, hicieron posible esta investigación en varios estados de la República Mexicana.



4. Referencias

- Boxall, R. A. (1986). *A critical review of the methodology for assessing farm-level grain losses after harvest*. Report of the Tropical Development and Research Institute, London, G191, viii+ 139pp.
- Camacho-Villa, T. C., Almekinders, C., Hellin, J., Martínez-Cruz, T. E., Rendon-Medel, R., Guevara-Hernández, F., Beuchelt, T. D. y Govaerts, B. (2016). The evolution of the MasAgro hubs: responsiveness and serendipity as drivers of agricultural innovation in a dynamic and heterogeneous context. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(5), 455–470. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2016.1227091>
- Figuroa Cárdenas, J. de D., Narváez González, D. E., Sánchez, A. M., Taba, S., Martínez, M. G., Véles Medina, J. J., Sánchez, F. R. y Cuevas, F. A. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Supl.3-A), 305–314. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-s3-a.305>
- García-Lara, S. y Bergvinson, D. J. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica En México*, 33(2), 181–189.
- García-Lara, S., Espinosa Carrillo, C. y Bergvinson, D. J. (2007). *Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control*. Ciudad de México, México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: Diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *EnlACE: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Govaerts, B., Negra, C., Camacho-Villa, T. C., Suarez, X. C., Díaz Espinosa, A., Fonteyne, S., Gardeazabal, A., González, G., Singh, R. K., Kommerell, V., Kropff, W., López Saavedra, V., Mena Lopez, G., Odjo, S., Palacios-Rojas, N., Ramirez-Villegas, J., Van Loon, J., Vega, D., Verhulst, N., ... Kropff, M. (2021). One CGIAR and the Integrated Agri-food Systems Initiative: From short-termism to transformation of the world's food systems. *PLOS ONE*, 16(6), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252832>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Raya-Pérez, J. C., Gutiérrez-Benicio, G. M., Ramírez Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J. y Aguirre-Mancilla, C. L. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 01–11. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212014000100001&script=sci_arttext
- Rivers, A., González Regalado, J., Reyes Zavala, M., Ramírez Martínez, G. y Verhulst, N. (2017). *Postharvest problems and practices in rural Mexico: Summary of diagnostic surveys with smallholder farmers*. Mexico: CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/22526>
- Sánchez G., J. J., Goodman, M. M. y Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and Morphological Diversity in the Races of Maize of Mexico. *Economic Botany*, 54(1), 43–59. <https://doi.org/10.1007/BF02866599>
- Tigar, B. J., Key, G. E., Flores-s, M. E. y Vazquez-a, M. (1994). Field and post-maturation infestation of maize by stored product pests in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 30(1), 1–8. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022474X94902666>
- Vargas Lara, L. F. J., Enyanche Velázquez, F., González Regalado, J. J., García López, D. y Odjo, S. (2019). Evaluación de la hermeticidad de los silos metálicos herméticos. *EnlACE: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 51, 54–58.



Guanajuato



Prácticas poscosecha de los pequeños agricultores en el estado de Guanajuato, México: diagnóstico mediante encuestas

1. Introducción

Los granos básicos son fundamentales para el desarrollo de la humanidad. Dependiendo de la región y sus aspectos culturales, granos como el trigo, maíz, arroz y frijol se han convertido en la base de la alimentación de millones de personas (Camberos Castro, 2000). En México, el grano básico de mayor importancia es el maíz, con consumo promedio per cápita anual de 192 kg, lo que representa el 20% del gasto total en alimentos de las familias mexicanas (SAGARPA, 2017). Otros granos básicos importantes en el país, además del maíz, son el frijol, trigo y arroz.

Los principales estados productores de granos básicos en México son Sinaloa, Jalisco, Michoacán, México y Guanajuato. En el estado de Guanajuato se siembran principalmente maíz, sorgo, trigo y cebada. Los municipios donde se produce la mayor cantidad de granos a nivel estatal son Pénjamo, Valle de Santiago, Irapuato, Salamanca y Abasco. Estos municipios tienen un excedente de producción que alcanza competitividad a nivel nacional. Sin embargo, en la mayoría de los municipios del estado, la producción de maíz y trigo está más orientada al autoconsumo que a la producción para mercados fuera de su territorio cercano (Unger, 2010).

La producción para autoconsumo es realizada comúnmente por pequeños agricultores en sistemas de temporal. Este tipo de sistema enfrenta adversidades que influyen en la cantidad de grano obtenido, lo que compromete la seguridad alimentaria de las familias que dependen de esta producción para satisfacer sus necesidades nutricionales. Además de los bajos rendimientos generados por este tipo de producción, existen factores relacionados con las actividades poscosecha que contribuyen a la pérdida de granos entre los pequeños agricultores.

Se estima que, en México, durante la etapa poscosecha en granos para autoconsumo, se puede

perder hasta el 40% de la producción total anual. Estas pérdidas están relacionadas con el manejo inadecuado de los granos durante las etapas de cosecha, secado, limpieza, acondicionamiento y almacenamiento. Prácticas como cosechas anticipadas, exceso de humedad en los granos, exposición excesiva al medio ambiente, falta de limpieza tanto en granos como en recipientes de almacenamiento, y almacenamientos inadecuados, incrementan las pérdidas por infestaciones de plagas y hongos (Odjo et al., 2020).

Los agricultores han buscado soluciones para disminuir las pérdidas en esta etapa, pero en ocasiones, por falta de información, recurren al uso de agroquímicos tóxicos y de baja eficiencia en el manejo de plagas. Actualmente, existen tecnologías que han demostrado reducir las pérdidas poscosecha a menos del 10% sin poner en riesgo la salud. Estas tecnologías funcionan con base en la hermeticidad, como los silos metálicos herméticos, bolsas plásticas herméticas y lonas flexibles herméticas, que evitan el intercambio de humedad, gases y olores con el medio ambiente, que disminuye el oxígeno en el interior y con esto la actividad y desarrollo de las plagas y enfermedades en los granos (Odjo et al., 2020).

Un estudio realizado en 15 municipios de las regiones centro y sur del estado de Guanajuato demostró que almacenar maíz durante seis meses en silo metálico hermético disminuyó el daño por insectos a solo el 4%, en comparación con el almacenamiento tradicional que alcanzó hasta un 21% de daño (García Leaños et al., 2007). Estos resultados sustentan la efectividad de las tecnologías herméticas para disminuir la pérdida de grano. Sin embargo, es necesario promover su existencia y funcionalidad, así como comprender mejor las actividades productivas y de poscosecha que realizan los pequeños agricultores, para diseñar intervenciones adecuadas y adaptadas a sus posibilidades.



Con este objetivo en mente, el CIMMYT, en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural del estado de Guanajuato (SDAyR), realizaron un diagnóstico a través de encuestas para conocer mejor las actividades de manejo poscosecha de granos que llevan a cabo los medianos y pequeños agricultores de algunas zonas

de temporal y riego de la región sur del estado de Guanajuato. Asimismo, se identificaron puntos críticos en sus procesos poscosecha para diseñar planes de intervención adecuados que permitan disminuir las pérdidas de grano en estos sitios y, con ello, contribuir a la seguridad alimentaria de los agricultores y sus familias.

2. Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en 2019 en el marco del convenio entre el CIMMYT y la SDAyR del estado de Guanajuato, a través del programa MasAgro Guanajuato.

Se hicieron encuestas en comunidades donde se han llevado a cabo actividades relacionadas con la poscosecha, como capacitaciones, instalaciones de módulos y talleres. Las encuestas se aplicaron a agricultores de las regiones centro y sur del estado de Guanajuato, específicamente en los municipios de Abasolo, Apaseo el Alto, Celaya, Coroneo, Huanímaro, Jerécuaro, Maravatio, Pénjamo, Purísima del Rincón, Salvatierra y Yuriria, así como en Penjamillo, Michoacán. En estas regiones, se encuentran los cuerpos de agua más importantes del estado, lo que ha permitido que sean regiones generadoras de productos agroalimentarios. Entre sus actividades económicas destacan la produc-

ción agrícola, ganadera y textil. Es en su mayoría rural y registra altos índices de migración.

Las encuestas aplicadas fueron de carácter descriptivo y contenían preguntas sobre temas socioeconómicos, sistemas y prácticas de producción de maíz. Entre los temas abordados se incluyeron: edad, escolaridad, número de integrantes de familia, tipo de propiedad, superficie de siembra, tipo de producción, tipo de maíz, métodos de cosecha, plagas poscosecha, prácticas de desgrane, limpieza y almacenamiento, entre otros.

Para realizar el análisis de los resultados, se tomaron en cuenta las respuestas de 112 encuestas, y se calcularon frecuencias y porcentajes para cada pregunta, con el fin de tener un panorama general de las actividades realizadas por los agricultores.

3. Resultados y discusión

3.1. Descripción de los encuestados

Se entrevistó a un total de 112 productores y agricultores procedentes de los municipios mencionados anteriormente. El 76% de las personas encuestadas fueron del género masculino y el 24% del género femenino. Con respecto a las características socioeconómicas, la edad promedio de las personas encuestadas fue de 54 años, con un rango de edades de entre 16 a 89 años (ver Tabla 1). De acuerdo con los resultados publicados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), en Guanajuato, 4 de cada 10 agricultores agropecuarios tienen entre 46 y 60 años (INEGI, 2019).

Este fenómeno posiblemente está relacionado con el índice de intensidad migratoria; hasta 2010,

Guanajuato ocupaba el primer lugar a nivel nacional en migración (CONAPO, 2010). A nivel estatal en la región sur del estado, que es donde se localizan la zona de estudio de este diagnóstico, los índices de intensidad migratoria están en las categorías de muy altos y altos. La edad media de los migrantes es de 26 años, con un rango de 19 a 36 años, y el 84.6% de los migrantes son hombres (Durand *et al.*, 2019; CONAPO, 2010). Esta situación, sumada a las características culturales, donde las labores agrícolas se atribuyen en su mayoría a los hombres, puede ayudar a explicar por qué quienes trabajan las tierras en esta zona son en su mayoría adultos mayores de 50 años.



■ **Tabla 1.** Número de entrevistas realizadas por municipio, promedio de edades, número de integrantes por familia ($\pm$ desviación estándar) y porcentaje de agricultores que tengan como principal actividad económica la agricultura. Resultados obtenidos del diagnóstico poscosecha Guanajuato.

Municipio	Número de encuestas	Género		Edad promedio	Número de integrantes promedio	Agricultura como actividad principal (%)
		Masculino	Femenino			
Abasolo	2	2	0	34.0 $\pm$ 14.14	2.0 $\pm$ 0.00	100
Apaseo el Alto	5	5	0	51.8 $\pm$ 23.57	6.2 $\pm$ 1.70	100
Celaya	26	18	8	58.1 $\pm$ 19.06	6.2 $\pm$ 3.77	81
Coroneo	8	8	0	44.8 $\pm$ 9.70	4.0 $\pm$ 1.00	100
Huanímaro	13	10	3	65.9 $\pm$ 13.90	3.5 $\pm$ 1.29	77
Jerécuaro	20	14	6	53.5 $\pm$ 12.65	5.7 $\pm$ 3.40	75
Maravatío	1	1	0	72	2	100
Penjamillo	1	1	0	19	5	100
Pénjamo	2	2	0	51.5 $\pm$ 12.02	3.5 $\pm$ 0.70	50
Purísima del Rincón	18	11	7	53.5 $\pm$ 15.33	5.7 $\pm$ 2.81	50
Salvatierra	5	5	0	61.5 $\pm$ 6.80	4.0 $\pm$ 1.50	80
Yuriria	8	7	1	54.2 $\pm$ 17.19	3.0 $\pm$ 1.82	88
No específico	3	3	3	74.0 $\pm$ 25.11	8.6 $\pm$ 6.11	75
Total	112	87	28	53.3 $\pm$ 12.94	4.5 $\pm$ 1.85	82

El número promedio de integrantes por familia fue de cinco, aunque la mayoría de las familias están conformadas por cuatro integrantes. Según el CONEVAL, el tamaño promedio de las familias en el estado es de 4.3 integrantes (SEDESOL, 2010).

La actividad económica principal que realiza el 82 % de los encuestados es la agricultura, y el 12 % de los agricultores combinan la agricultura con otras actividades como comercio, labores del hogar, ganadería y mecánica. Dada la ubicación de estos agricultores, es congruente que su actividad económica principal sea la agricultura, ya que la región sur del estado se caracteriza porque el 69 % de su superficie está destinada a actividades agrícolas (COPLADEG, 2002).

El nivel de escolaridad del 71 % de los entrevistados fue de educación básica (primaria y secundaria). A nivel estatal, el 52 % de los agricultores tienen como nivel máximo de escolaridad la primaria y el 13 % la secundaria (INEGI, 2019). En Guanajuato, las actividades agrícolas se desarrollan principalmente en zonas rurales, donde el acceso a la educación

es limitado en comparación con las zonas urbanas. Varios de los municipios incluidos en este diagnóstico se encuentran enlistados por la Secretaría de Bienestar como lugares de atención prioritaria por tener porcentajes considerables de carencias sociales, tales como rezago educativo, acceso limitado a los servicios de salud, disponibilidad deficiente de alimentación nutritiva y de calidad, entre otros (BIENESTAR, 2023).

3.2. Sistemas de producción

El 57 % de los agricultores encuestados siembran en tierras ejidales, el 32 % en propiedad privada y el 11 % utiliza ambos tipos de propiedades. En el campo mexicano, los ejidos y las comunidades agrarias son la forma de tenencia que abarca mayor superficie (Morett-Sánchez y Cosío-Ruiz, 2017). La superficie de siembra varió considerablemente entre los agricultores, con un promedio de 9.5 hectáreas. El municipio en el que se registraron las superficies de siembra más pequeñas fue Salvatierra, mientras que las más grandes se encontraron en Pénjamo (ver Tabla 2).



■ **Tabla 2.** Tipo de propiedad y superficie de siembra ($\pm$ desviación estándar) cultivadas por agricultores de diversos municipios de la región sur del estado de Guanajuato. Resultados obtenidos del diagnóstico poscosecha Guanajuato.

Municipio	Tipo de propiedad				Superficie sembrada	
	n	Privada	Ejidal	Ambas	n	Promedio de hectáreas
Abasolo	2	2	0	0	1	10.0±0.00
Apaseo el Alto	4	1	3	0	4	15.6±7.45
Celaya	21	11	7	3	21	5.0±.3.43
Coroneo	8	4	4	0	8	5.8±3.96
Huanímaro	13	0	13	0	13	4.5±2.47
Jerécuaro	19	7	8	4	16	9.2±6.94
Penjamillo	1	0	0	1	1	10.0±0.00
Pénjamo	2	0	0	2	2	34.5±43.13
Purísima del Rincón	19	7	11	1	16	8.1±9.94
Salvatierra	5	0	5	0	3	3.6±1.89
Yuriria	8	1	7	0	7	6.2±6.81
Total	102	33	58	11	92	9.5±8.00

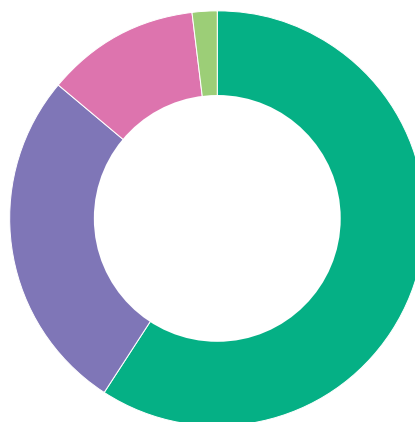
n = Número de agricultores que respondieron a esa pregunta

En estos municipios se siembran varios cultivos, principalmente granos básicos. El maíz es el cultivo más común, el 59% de los agricultores lo hace en monocultivo. El 27% de los agricultores utilizan

rotación de maíz con frijol, mientras que el resto de las personas entrevistadas indicaron que hacen rotaciones con trigo, sorgo y hortalizas (ver Figura 1).

Cultivos sembrados

- Maíz monocultivo
- Maíz frijol
- Maíz cereal
- Maíz hortaliza



■ **Figura 1.** Tipo de cultivos que siembran los agricultores en la encuesta de diagnóstico en Guanajuato. n = 98 encuestas.



Los rendimientos de maíz fueron diferentes en cada municipio, el promedio osciló entre 1.7 y 9.2 toneladas por hectárea. El régimen de humedad predominante en la zona de estudio es el temporal; el 57% de los agricultores siembran bajo este sistema. También se utiliza riego superficial y de punteo, en el cual se aplica un riego inicial para la germinación de las semillas y el resto del agua que necesita el cultivo se obtiene de las lluvias. Las fechas de siembra están determinadas por el inicio

de lluvias, ya que el 37% de los agricultores realizan las siembras en el mes de junio. El tipo de semilla que utilizan es nativo (el 41%) o híbrido (el 49%). Cuando utilizan tipos híbridos, compran la semilla en cada ciclo de siembra, mientras que, al usar maíz nativo, normalmente obtienen la semilla de la cosecha anterior (ver Tabla 3). La mayoría utilizan maíces blancos y amarillos en el caso de híbridos, y cuando se trata de nativos, predominan los blancos y rojos.

■ **Tabla 3.** Características de los sistemas de producción de maíz que siembran las y los agricultores en la encuesta de diagnóstico en Guanajuato.

Municipio	Rendimiento		Régimen de humedad (%)					Tipo de semilla (%)			
	n	(t/ha)	n	Riego	Temporal	Mixto	Punteo	n	Nativo	Híbrido	Ambos
Abasolo	2	8.7±6.01	2	100	0	0	0	2	0	100	0
Apaseo el Alto	2	1.7±0.35	5	40	40	0	0	5	60	40	0
Celaya	17	5.8±4.46	26	19	46	15	0	21	52	43	5
Coroneo	0	na	8	0	88	13	0	8	13	75	13
Huanímaro	13	2.9±1.36	13	0	100	0	0	13	54	38	8
Jerécuaro	15	4.4±3.41	20	0	45	20	10	19	42	37	21
Penjamillo	1	8.0±0.00	1	100	0	0	0	1	0	100	0
Pénjamo	2	5.5±2.12	2	100	0	0	0	2	0	100	0
Purísima del Rincón	10	6.9±2.99	18	6	83	11	0	18	44	39	17
Salvatierra	4	2.5±1.35	5	20	60	0	0	5	60	40	0
Yuriria	8	9.2±3.53	8	88	13	0	0	8	13	88	0
Total	74	6.0±2.84	108	19	57	10	2	102	41	49	10

n = número de agricultores que respondieron a esa pregunta, na = no aplica. Los valores reportados son los promedios de cada variable, en rendimiento se reporta el promedio ± desviación estándar.

Las características del sistema de producción registradas en los resultados concuerdan con las condiciones del medio físico de la zona. De los 12 municipios en los que se realizaron encuestas, 9 pertenecen a la región sur, donde predominan las zonas montañosas. En Coroneo y Jerécuaro, la topografía es accidentada y poseen sierras de hasta 3000 msnm de altitud. En este tipo de terrenos, es difícil sembrar grandes extensiones de cultivos, el acceso al agua y a la maquinaria es complicado; asimismo, hay zonas con suelos someros y de alta pedregosidad. Se requiere una inversión considerable en insumos para compensar la baja fertilidad

del suelo y, aun así, los rendimientos son menores en comparación con los cultivos sembrados en tierras planas y de mediana profundidad.

Estas condiciones orillan a los agricultores a sembrar bajo el sistema de temporal, y aunque este sistema de producción también requiere fertilizantes, plaguicidas y asistencia técnica, gran parte de los agricultores no los aplican por falta de capital o crédito, o por temor a perder la inversión debido a la escasez de las lluvias. Las cosechas normalmente se venden en pueblos cercanos o se usan para auto-consumo (INEGI, 2015; COPLADEG, 2002).



3.3. Cosecha y desgrane

De acuerdo con los resultados del diagnóstico, los agricultores deciden el tiempo de cosecha con base en el tiempo que tiene el cultivo (entre seis y ocho meses), en el contenido de humedad y la dureza del grano. Algunos agricultores mencionaron que también toman en cuenta las fases de la luna y prefieren cosechar cuando es luna llena.

La cosecha que realizan es de dos tipos: manual y mecánica. Las personas encuestadas describieron que la cosecha manual se realiza regularmente con un pizcador, una herramienta de metal que les permite desprender las mazorcas de las plantas de

manera más fácil. Este método de cosecha implica una mayor inversión de tiempo, ya que se debe trabajar planta por planta.

La cosecha mecánica, en cambio, se realiza con trilladoras, lo que permite completar la cosecha en cuestión de horas. De las y los 73 agricultores que respondieron a esta pregunta, 44 dijeron que realizan cosecha manual y 29 cosechan de manera mecánica (véase Figura 2). En general, la cosecha la realizan principalmente los hombres; sin embargo, la participación de las mujeres es mayor cuando se trata de cosecha manual (véase Figura 3).

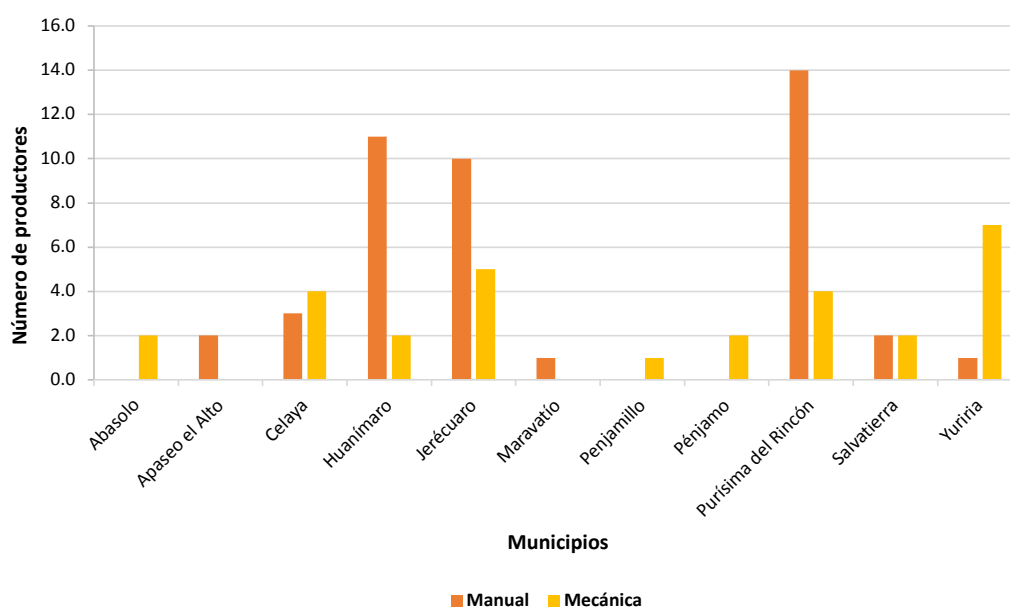


Figura 2. Tipo de cosecha que realizan las y los agricultores entrevistados en la encuesta de diagnóstico poscosecha en Guanajuato. n = 73.

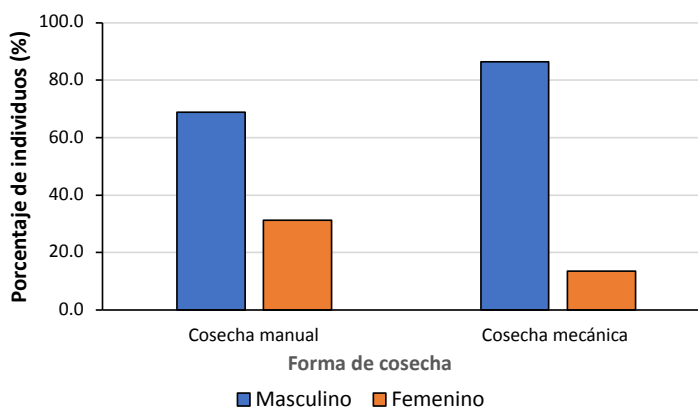


Figura 3. Porcentaje de las y los agricultores que realizan cosecha manual y mecánica, n cosecha manual = 48, n cosecha mecánica = 37. Resultados obtenidos del diagnóstico poscosecha Guanajuato.

El tipo de cosecha se relaciona con el tipo de sistema de producción que se utiliza. En este caso, las respuestas muestran que el mayor porcentaje de agricultores siembra en temporal y, asimismo, el mayor porcentaje realiza la cosecha de manera manual. Las superficies que se siembran con estas características suelen ser pequeñas, de difícil acceso, y los rendimientos están condicionados principalmente por la cantidad de lluvias durante el ciclo. Todas estas condiciones, aunadas al costo extra que implica contratar una trilladora, limitan el acceso a estas herramientas para este tipo de agricultores. En cambio, en los municipios donde la cosecha mecánica fue mayor, los sistemas de producción son más extensivos e intensivos, el acceso a maquinaria, paquetes tecnológicos y mercados

es menos complicado, lo que les brinda mayores oportunidades de incrementar la rentabilidad de sus sistemas y limita menos el uso de equipos y maquinaria.

El desgrane, por su parte, se relaciona con los tipos de cosecha que se utilizan en la zona de estudio. Aquellos que cosechan de manera mecánica realizan el desgrane simultáneamente. Para facilitar esta labor, algunos de los agricultores adquieren o contratan servicios de desgranadoras mecánicas. De 83 agricultores, 43 hacen desgrane mecánico y 40 manual (véase Figura 4). Al igual que en la cosecha, los hombres son quienes realizan esta actividad de forma mecánica en mayor porcentaje que las mujeres (véase Figura 5).

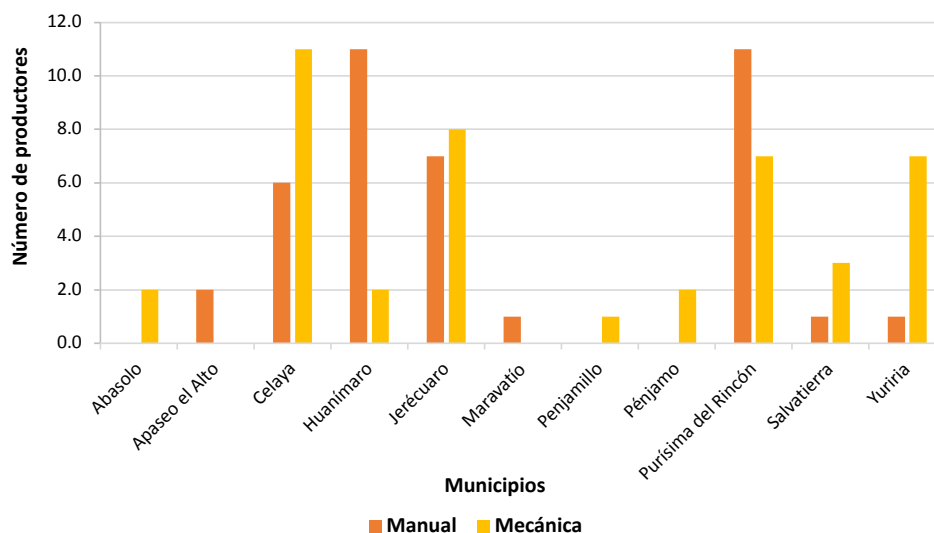


Figura 4. Tipos de desgrane que realizan las y los agricultores entrevistados en la encuesta de diagnóstico poscosecha en Guanajuato, n = 83.

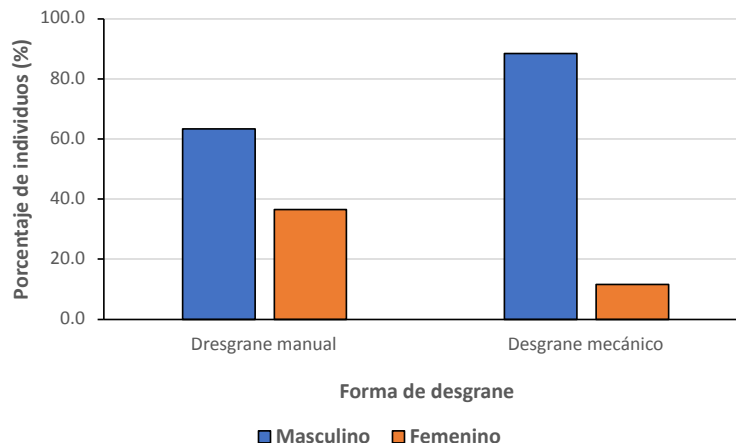


Figura 5. Porcentaje de las y los agricultores que realizan desgrane manual y mecánico, n desgrane manual= 41, n desgrane mecánico = 43. Resultados obtenidos del diagnóstico Poscosecha Guanajuato.

El acceso a las desgranadoras mecánicas es menos complicado y costoso en comparación con las trilladoras; sin embargo, la oferta de estos servicios es limitada. El Gobierno del Estado ha creado programas de apoyo para subsidiar una parte del costo de las desgranadoras, pero en muchos casos, los costos de la maquinaria son superiores a lo que los productores pueden pagar.

3.4. Secado del grano

Un aspecto importante para considerar dentro de las buenas prácticas poscosecha es el secado del grano, ya que cosechar con el porcentaje de humedad adecuado contribuye a la disminución de pérdidas poscosecha. Las prácticas que las y los entrevistados realizan con respecto a esta actividad varían de acuerdo con el tipo de cosecha.

Para secar el grano, utilizan el calor del sol. Cuando la cosecha se realiza de manera mecánica, normalmente dejan que el grano seque en la planta antes de trillarlo. En cambio, cuando la cosecha es manual, se emplean distintas prácticas. La más común es retirar la mazorca de la planta, dejarla cubierta con el totomoxtle y ponerla a secar bajo el sol en algún área libre de los patios de sus casas (el 38%). Otros agricultores prefieren retirar el totomoxtle de las mazorcas antes de secarlas. El 13% de los agricultores mencionaron que primero desgranar el maíz y después lo ponen a secar. También, hubo agricultores que mencionaron que cortan las plantas de maíz y las apilan en el campo para que las mazorcas se sequen. A la estructura que forman con esas plantas se le denomina mogote o torito (véase Figura 6).

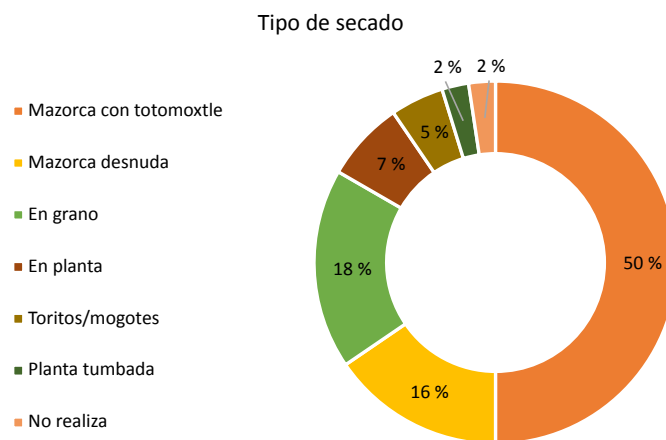


Figura 6. Métodos de secado del grano identificados en el diagnóstico poscosecha Guanajuato, n = 84 encuestas.



3.5. Almacenamiento

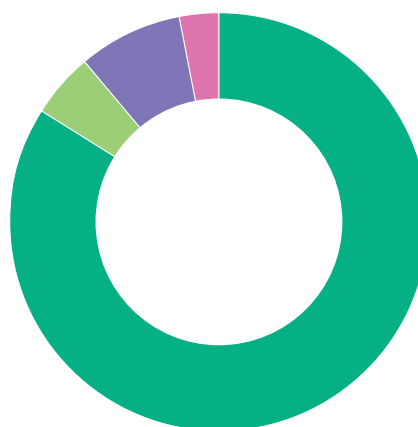
3.5.1 Modo de almacenamiento

Realizar un almacenamiento adecuado permite mantener la cantidad y calidad de grano producido durante más tiempo, lo que disminuye las pérdidas causadas por factores como plagas y enfermedades. De acuerdo con los resultados, los agricultores comienzan a almacenar sus cosechas en los meses de noviembre y diciembre, siendo el desgranado

la manera más común de almacenar el maíz (véase Figura 7). El tiempo de almacenamiento varía entre 1 y hasta 18 meses, el 22% de los agricultores lo hace durante 12 meses. El 30% guarda maíz nativo para utilizarlo después como semilla y para autoconsumo, mientras que el 19% almacenan maíz híbrido, principalmente para autoconsumo.

Porcentajes del modo
de almacenamiento del maíz

- Desgranado
- Mazorca con totomoxtle
- Molido
- Mazorca sin totomoxtle



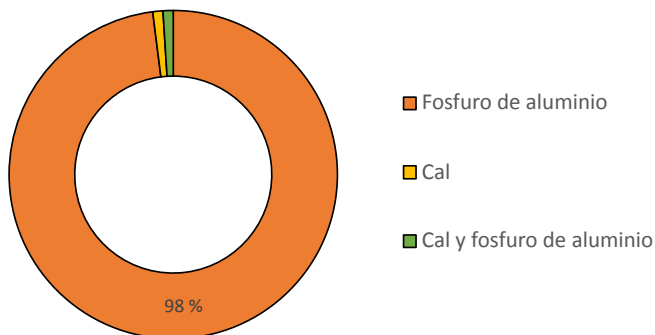
■ **Figura 7.** Porcentajes del modo en que las y los agricultores entrevistados en el diagnóstico poscosecha Guanajuato almacenan el maíz, n = 79.

3.5.2 Acondicionamiento del grano para almacenar

Para los agricultores, es necesario mantener en buenas condiciones el grano que producen durante el mayor tiempo posible, para asegurar su alimentación y la de sus familias. Por esta razón, realizan diferentes prácticas para acondicionar y almacenar

el maíz. Los resultados de la encuesta indicaron que, de los 81 agricultores que respondieron a esta pregunta, el 98% coloca pastillas de fosforo de aluminio en el grano con la finalidad de combatir las plagas de almacenamiento (véase Figura 8).

Productos para el acondicionamiento del grano



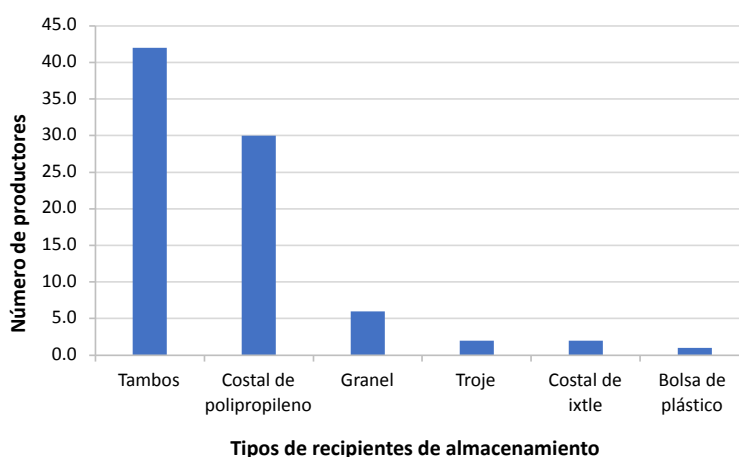
■ **Figura 8.** Porcentajes del tipo de productos que los agricultores entrevistados en el diagnóstico poscosecha Guanajuato utilizan para el acondicionamiento del maíz, n = 81.



El uso de pastillas de fosforo de aluminio es una práctica que se ha mantenido a lo largo de los años, y los agricultores la siguen transmitiendo a las nuevas generaciones. Sin embargo, el uso de este producto presenta un problema importante: es altamente tóxico para humanos y animales, debido a que, al entrar en contacto con la humedad, libera gas fosfina. Se han registrado porcentajes de mortalidad superiores al 50 % por el contacto con este gas (Moghadamnia, 2012). Además, es común que se utilicen dosis mayores a las recomendadas, lo que incrementa el riesgo de exposición.

3.5.3 Recipientes de almacenamiento

Los agricultores mencionaron que utilizan diferentes recipientes para almacenar el grano cosechado. El más común fue el tambo (el 40 %), que puede estar elaborado de plástico, metal o cartón. También utilizan el costal de polipropileno (el 30 %) porque es asequible y fácil de adquirir. Algunos agricultores dejan el grano a granel (el 6 %), es decir, lo desgranar y lo almacenan directamente sobre el suelo en algún lugar de sus casas, donde esté protegido de la lluvia y el sol. En menor medida, mencionaron el uso de trojes, costales de ixtle y bolsas de plástico (véase figura 9).



■ **Figura 9.** Tipos de recipientes en los que se almacena el maíz y número de las y los agricultores que los utilizan, n = 83.

Existen algunas desventajas en los tipos de recipientes mencionados por los agricultores. La principal es que permiten el ingreso de insectos y humedad con facilidad al interior, lo que facilita el desarrollo de plagas y se incrementen las pérdidas de grano.

Al comparar estos resultados con investigaciones anteriores, es interesante observar los cambios y la transferencia de prácticas poscosecha para el almacenamiento de granos a lo largo del tiempo en Guanajuato. En una publicación realizada por Vázquez-Arista *et al.* en 1995, se reportan las formas de almacenamiento de maíz y frijol que se practicaban en ese entonces en zonas rurales de Guanajuato. En cuanto al almacenamiento, hasta un 48 % de los agricultores guardaban el maíz con totemoxtle. Sin embargo, en la zona de estudio de este análisis, esta práctica ha disminuido significativamente, ya

que los resultados indican que el 95 % de los agricultores encuestados realiza el desgrane antes de almacenar el grano, lo que implica un proceso de limpieza que contribuye a disminuir la diversidad y población de plagas de almacenamiento.

El tiempo de almacenamiento de los granos sigue siendo similar, pues en ambos estudios los agricultores mencionaron guardar el grano entre nueve y doce meses. Sin embargo, la aplicación de productos químicos para prevenir la infestación de la cosecha se ha incrementado con el tiempo. Según los registros anteriores, el 48 % de los agricultores aplicaba fosforo de aluminio, mientras que en estos resultados se registró que el 70 % lo hace. Los lugares de almacenamiento del maíz también se han modificado; anteriormente, era común tener cuartos con piso de tierra o concreto, paredes de

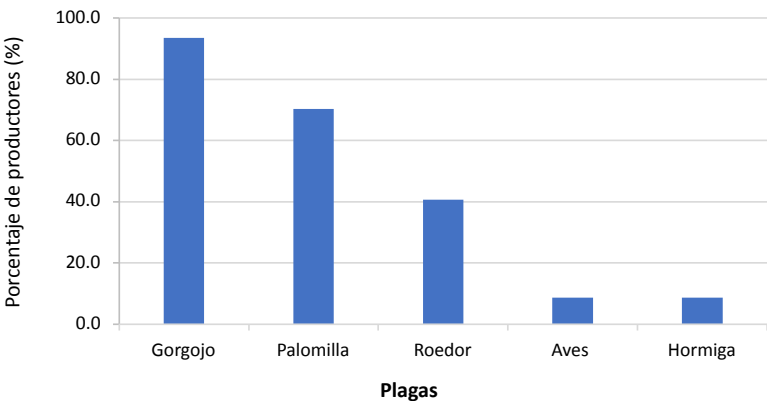


adobe y techos de lámina, donde se dejaba el maíz hasta que se consumiera o vendiera. Actualmente, se utilizan recipientes como tambos y costales, y el uso de cuartos ha disminuido (Vázquez-Arista et al., 1995).

3.6. Plagas poscosecha

Los agricultores identificaron diferentes especies de insectos que dañan entre el 10 % y el 30 % de la cosecha. El 93 % mencionó al gorgojo (*Sitophilus zeamais*) como la plaga más común, seguida por

la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*) y los roedores (véase Figura 10). La infestación por plagas es uno de los problemas que genera más pérdidas de granos y que persiste a lo largo del tiempo. Vázquez-Arista et al. (1995) y otros autores registraron que los agricultores de algunos municipios de Guanajuato identificaron a los insectos como la principal plaga de granos almacenados, y mencionaron a los gorgojos (*Sitophilus sp.*) y a las palomillas doradas (*Sitotroga cerealella*) como los más abundantes, seguido por los roedores.



■ **Figura 10.** Porcentaje de presencia de plagas poscosecha identificadas por las y los agricultores entrevistados en la encuesta de diagnóstico en Guanajuato, n = 91 por cada plaga.

3.7. Destino del grano

La principal finalidad de las y los agricultores al sembrar maíz es obtener alimento para el autoconsumo. El 62 % de los encuestados dijeron que la cosecha se utiliza para alimentar a sus familias y, en ocasiones, al ganado. Mientras tanto, el 37 % producen el grano para venderlo, y solo el 1 % utiliza parte de la cosecha como semilla para los siguientes ciclos de siembra (ver Tabla 4). Normalmente, utilizan las semillas de maíz nativo para replantar, mientras que el maíz híbrido lo destinan para la venta y

el autoconsumo. En comparación con lo reportado por Vázquez-Arista et al. (1995), el destino del grano difiere ligeramente con los resultados obtenidos en este diagnóstico. Ellos publicaron que agricultores ejidatarios que cosechaban entre 1 y 2 toneladas utilizaban el 36 % para consumo, el 26 % para semilla y el 10 % para venta. El cambio más evidente entre ambas investigaciones es la disminución en el uso de la cosecha para semilla, lo que podría deberse al incremento en la oferta de semillas mejoradas.

■ **Tabla 4.** Porcentaje de grano (± desviación estándar) destinado al consumo, venta y siembra. Resultados de la encuesta diagnóstico poscosecha en Guanajuato.

Municipio	n	Consumo (%)	Venta (%)	Siembra (%)
Abasolo	4	53.7±47.84	46.2±47.84	0.0
Apaseo el Alto	4	95.0±5.70	0.0	5.0± 5.70



Celaya	26	39.9±24.60	59.1±30.20	3.9± 12.30
Huanímaro	13	79.2± 18.00	14.6± 17.60	3.0± 6.30
Jerécuaro	20	55.0± 34.14	43.2±35.43	1.7± 3.72
Penjamillo	1	100.0	0.0	0.0
Pénjamo	2	0.0	100.0	0.0
Purísima del Rincón	18	81.9±29.46	18.0±29.46	0.0
Salvatierra	5	70.0±44.72	30.0±44.72	0.0
Yuriria	8	41.8±48.25	58.1±48.25	0.0
Total	101	61.6±30.07	36.9± 31.05	1.3± 1.94

4. Conclusión

En resumen, en la zona de estudio donde se realizaron las encuestas, la población entrevistada desarrolla la agricultura como su actividad económica principal. Debido a las características ambientales predominantes en estos municipios, los agricultores siembran maíz bajo el sistema de temporal. La mayoría de las superficies de siembra son menores a 9 hectáreas, lo que clasifica a estos productores como pequeños y medianos agricultores. Para atender las necesidades agronómicas del cultivo, tienen poco acceso a paquetes tecnológicos, ya que limitan la inversión porque dependen completamente de la lluvia para el desarrollo de las plantas y deciden reducir los riesgos de pérdida. Estas limitaciones tienen como consecuencia bajos rendimientos, situación que también reduce su capacidad de generar ingresos por la venta del maíz, por lo que el principal aprovechamiento que dan a su cosecha es el autoconsumo.

Las pérdidas de grano de estos agricultores no se deben solamente al manejo en campo y a los bajos rendimientos; con las respuestas que obtenidas en las encuestas se identificaron áreas de oportunidad en el manejo poscosecha. Al pensar en la producción, se tiende a considerar únicamente lo necesario en campo para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; sin embargo, las actividades que se realizan durante y después de la cosecha son igualmente importantes para mantener la cantidad y calidad del grano producido.

En esta investigación, la mayoría de los agricultores mencionaron que retiran la mazorca con totomoxtle

y la dejan así hasta que se seque. Esta práctica puede propiciar el desarrollo de plagas y enfermedades durante la etapa de almacenamiento, ya que la infestación inicial comienza durante el periodo de secado (García Leaños *et al.*, 2007).

La cosecha y el desgrane se realizan mayormente de manera manual, lo que incrementa el tiempo de exposición de la mazorca en campo, esto a su vez aumenta la exposición a la infestación por plagas y enfermedades. Para almacenar el grano, el 98% de los entrevistados aplica fosforo de aluminio antes de guardarlo y utiliza principalmente tambos y costales de polipropileno. A pesar de realizar esta práctica, que es peligrosa para la salud, su maíz es atacado por gorgojos, palomillas y roedores, lo que genera pérdidas entre el 10% y el 30%. El autoconsumo es el principal destino del grano, seguido por la venta.

La diversidad en las prácticas poscosecha está influenciada por las costumbres de cada región y la transferencia de conocimientos a través de las generaciones. Al comparar los resultados obtenidos en este diagnóstico con los publicados por Vázquez-Arista *et al.* (1995), hace 27 años en Guanajuato, los cambios en estas prácticas han sido mínimos. El cambio más notorio es en relación con el destino del grano, ya que ahora un menor porcentaje de agricultores conserva parte de la cosecha para utilizarla como semilla. Sin embargo, persisten problemáticas como la escasa oferta de maquinaria para las cosechas y desgranes, las pérdidas por plagas y los lugares de almacenamiento inadecuados e ineficientes.



El 69% de los agricultores mencionaron que tienen interés en conocer tecnologías diferentes que les permitan reducir las pérdidas de grano, evitar arriesgar su salud por el uso de agroquímicos tóxicos y mejorar la seguridad alimentaria. El silo metálico hermético fue identificado como la opción más atractiva por el 82% de las y los entrevistados. Ya se han realizado investigaciones con agricultores de 15 municipios del estado en las que se evaluaron silos metálicos herméticos, y obtuvimos resultados que comprueban su efectividad para reducir la pérdida de grano ocasionada por plagas y que además son seguros para la salud (García Leaños et al., 2007).

La información recabada a través de este diagnóstico permitió conocer las prácticas poscosecha que realizan los agricultores de la región sur del estado

de Guanajuato, así como las principales problemáticas que enfrentan. Es importante continuar realizando estos diagnósticos porque permiten ampliar el conocimiento de lo que se realiza en cada región, ya que, como se mencionó anteriormente, las actividades que hacen las y los agricultores son diferentes de una región a otra. Se identificó el interés de las y los agricultores por conocer actividades relacionadas con el buen manejo poscosecha y alternativas eficientes que complementen o mejoren las prácticas que realizan en la actualidad. Tener conocimiento específico y actualizado de cada región puede permitir que el diseño de las intervenciones, necesidades de investigación y estrategias contribuyan a mejorar las prácticas poscosecha de las y los pequeños agricultores y aporten a la seguridad alimentaria de ellos y sus familias.

5. Referencias

- Camberos Castro, M. (2000). La seguridad alimentaria de México en el año 2030. *Ciencia Ergo Sum*, 7(1), 49–55.
- COPLADEG (2002). Programa de Desarrollo Regional, Región V Sur. Consejo de Planeación para el Desarrollo del Estado de Guanajuato. https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/seieg/wp-content/uploads/2022/05/PDR_V.pdf
- CONAPO (2010). Índices de intensidad migratoria México-Estados Unidos por entidad federativa y municipio. Consejo Nacional de Población http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/intensidad_migratoria/anexos/Anexo_B1.pdf
- García Leaños, M. de L., Aguirre Gómez, J. A., Narro Sánchez, J., Cortés Baheza, E., y Rivera Reyes, J. G. (2007). Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México. *Agricultura Técnica En México*, Vol. 33(1974), 231–239.
- INEGI (2015). Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2015 Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2015_INEGI_Anuario_estadistico_y_geografico_de_guanajuato.pdf
- INEGI (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria, Resultados Nacionales y para Guanajuato*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/mini_ENA19_GUANAJUATO.pdf
- Moghadamnia, A.A. (2012). An update on toxicology of aluminum phosphide. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. 20:25
- Morett-Sanchez J.C., C. Cosío-Ruiz. (2017). Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 14: 125-152.
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A., y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_2017-2030_-_parte_uno.pdf



BIENESTAR (2023). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2023, Guanajuato*. Secretaría de Bienestar. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791851/11Guanajuato23.pdf>

SEDESOL, (2010). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Guanajuato*. Secretaría de Desarrollo Social. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31494/Guanajuato_1_.pdf

Unger, K. (2010). Mercado y Autoconsumo. Vocación Agropecuaria De Los Municipios De Guanajuato. En *Centro de Investigación y Docencia Económicas*. <https://repositorio-digital.cide.edu/handle/11651/1257>

Vázquez-Arista, M., Ramírez-Flores, A., y Blanco-Labra, A. (1995). Maize and bean storage and their use by rural farmers in a Central state of Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 325–333. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(95\)00021-X](https://doi.org/10.1016/0022-474X(95)00021-X)



Hub Chiapas



Alternativas para la conservación de granos de maíz en Comitán de Domínguez, Chiapas

Colaboradores	Isac Carlos Rivas Jacobo
Institución	Instituto Tecnológico de Comitán
Hub	Chiapas
Municipio, Estado	Comitán de Domínguez, Chiapas
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	1563 msnm
Temperatura media anual	18.9 °C
Temperatura mínima mensual	11.9 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	26.7 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 61 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 82 % (septiembre)
Precipitación anual	1493 mm
Años de evaluación	2018 y 2019

1. Introducción

En la región Meseta Comiteca Tojolabal, el cultivo de maíz y frijol es fundamental, ya que son parte importante de la dieta local y representan una oportunidad de ingresos económicos al vender los excedentes. Normalmente, la venta se realiza inmediatamente después de la cosecha para evitar pérdidas por plagas; principalmente por gorgojos (*Sitophilus zeamais* en maíz y *Acanthoscelides obtectus* en frijol). En la región, los agricultores emplean diversas formas de almacenamiento para sus granos, pero estas no garantizan la conservación de la calidad y cantidad del producto. Como práctica convencional, predomina el uso de pastillas de

fosfuro de aluminio (fosfina). La dosis recomendada por el fabricante es de 4 a 6 pastillas por tonelada de grano; sin embargo, los agricultores en la Meseta Comiteca Tojolabal comúnmente aplican una tableta de fosfuro de aluminio por cada 50 kg de grano.

En colaboración entre el Instituto Tecnológico de Comitán y el CIMMYT, durante los años 2018 y 2019, se evaluaron tecnologías herméticas y polvos inertes como alternativas para conservar la calidad y cantidad de los granos de maíz de la variedad V-560, y así evitar el uso de químicos que pueden afectar la calidad del grano y la salud del consumidor.

2. Materiales y métodos

En el Instituto Tecnológico de Comitán se desarrollaron trabajos de investigación poscosecha en los años 2018 y 2019, en los cuales se evaluaron tecnologías de almacenamiento para la conservación de granos de maíz. El sitio de evaluación se encuentra a una

elevación de 1563 msnm y presenta un clima templado. Durante el periodo de cada evaluación, se dio un seguimiento cercano a cada experimento durante un tiempo de almacenamiento de aproximadamente seis meses (181 días en 2018 y 169 días en 2019).



En 2018, se evaluaron tres tecnologías herméticas (ver Tabla 1):

1. El silo metálico hermético (SMH) de una capacidad de 100 kg (previo al establecimiento se evaluó la hermeticidad empleando agua).
2. La bolsa plástica hermética de amarre (BPHA).
3. Bolsa plástica hermética de zíper (BPHZ).

Como tecnología alternativa a las bolsas plásticas herméticas, también se evaluó una bolsa plástica estándar de calibre 500 (BPS), que normalmente se emplea para la elaboración de ensilaje. Previo al almacenamiento, se revisó que las bolsas estuvieran en buenas condiciones, se inflaron con aire y se revisó que no hubiera fugas. Asimismo, se evaluó la cal micronizada como polvo inerte en combinación con un costal de polipropileno (COS, CM4) a una dosis de 4 g por kg de grano de maíz. El tratamiento de control fue el método convencional utilizado por los agricultores de la zona, que consis-

tía en el uso de un costal de polipropileno en la que se colocó una pastilla de fosfuro de aluminio por cada 50 kg de grano de maíz (COS, PAS). La plataforma se instaló el 14 de marzo y se levantó el 11 de septiembre del 2018, con una duración aproximada de seis meses).

En el ciclo 2019, los tratamientos evaluados fueron (ver Tabla 1): la bolsa plástica hermética de zíper (BPHZ) como tecnología hermética, la botella de PET con capacidad de 10 litros (BPET) como tecnología hermética alternativa, la cal micronizada en costal de polipropileno como polvo inerte (COS, CM4) a una dosis de 4 g por kg de grano de maíz almacenado, y como testigo, la pastilla de fosfuro de aluminio en costal de polipropileno (COS, PAS) que se colocó media pastilla en 15 kg de granos de maíz. La evaluación duró aproximadamente 6 meses, desde 27 de junio hasta el 13 de diciembre de 2019.

■ **Tabla 1.** Descripción de los tratamientos evaluados en la plataforma de investigación poscosecha Comitán, Chiapas, años 2018 y 2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación	
				2018	2019
Tecnología convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosfuro de aluminio (1 pastilla)	6	-
	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosfuro de aluminio (½ pastilla)	-	6
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre	Ninguno	6	-
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	-
Tecnologías herméticas alternativas	BPET	Botella de PET	Ninguno	-	6
	BPS	Bolsa plástica estándar, calibre 500	Ninguno	6	-
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada 4 g/kg de granos	6	6



El grano de maíz utilizado en los dos años se obtuvo bajo condiciones controladas en la plataforma de investigación agronómica Comitán, Chiapas. La variedad se identifica con el nombre V-560, es de color blanco cremoso y de textura semi-dentada. Para optimizar la eficiencia de las tecnologías, se realizó un acondicionamiento previo del grano, para asegurarse de que estuviera limpio, sano, fresco y seco. En el proceso de establecimiento, se

tomaron tres muestras representativas y se clasificó el grano para determinar los porcentajes de daños (ver capítulo introductorio). Al finalizar los ensayos, se tomaron muestras de cada contenedor para obtener los datos de porcentajes de daños, como cuando se realizó el establecimiento, y así poder compararlos con los datos iniciales al final de cada evaluación.

3. Resultados y discusión

3.1. Daños por insectos

El porcentaje de daños por insectos en el primer año (2018) de evaluación fue bajo y similar en todos los tratamientos, con una variante entre el 0% y el 1.3% ($P=0.137$) (véase Figura 1). Es importante destacar que al inicio de la evaluación, el porcentaje de daños por insectos fue del 0% en las muestras tomadas. A diferencia de 2018, en 2019 los daños por insectos mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0.001$) (véase Figura 1). El tratamiento convencional (COS, PAS) tuvo un porcentaje alto de daños por insectos, alcanzó un 63.7%. Al respecto, Odjo *et al.* (2020) mencionan que acondicionar el grano con fumigantes puede ser una solución para evitar el desarrollo de plagas. El uso de fosfuro de aluminio en combinación con costal de polipropileno fue eficaz durante el almacenamiento a corto plazo, pero se volvió menos efectivo con tiempos de almacenamiento prolongados, incluso con una dosis alta. Otras razones que pueden explicar los resultados incluyen el inicio de los experimentos tres meses después de la cosecha, lo que pudo haber incrementado la infestación inicial por plagas, y el uso de media pastilla en 2019 en comparación

con 2018. Este resultado muestra la importancia de implementar buenas prácticas justo después de la cosecha para evitar el desarrollo de plagas durante el almacenamiento anterior. La tecnología hermética (BPHZ) y la tecnología hermética alternativa (BPS) tuvieron porcentajes bajos de daños por insectos, con 0.4% y 2.2%, respectivamente (véase Figura 1).

Estos resultados coinciden con los que reportaron Rivers *et al.* (2017), quienes indican que las tecnologías herméticas y prácticas alternativas disminuyen de manera significativa las pérdidas asociadas con insectos. Por su parte, Odjo *et al.* (2020) encontraron que tanto las tecnologías herméticas como las alternativas redujeron eficazmente los daños por insectos en condiciones controladas y no controladas. El tratamiento COS, CM4 obtuvo el 9.6% de daños (véase Figura 1). Al respecto, Odjo *et al.* (2020) mencionan que los polvos inertes pueden ser una solución de bajo costo y no tóxica que funciona como insecticidas de contacto, aunque su efectividad es menor en regiones tropicales porque su eficacia depende de la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

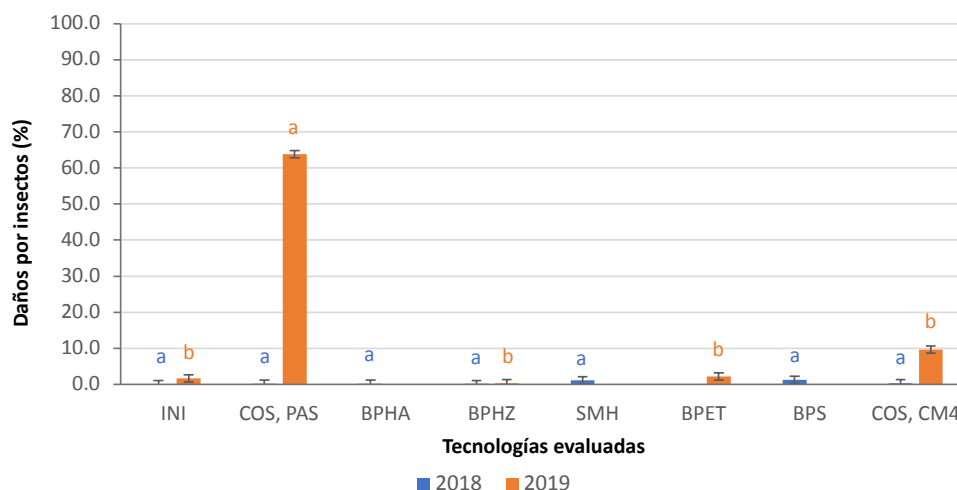


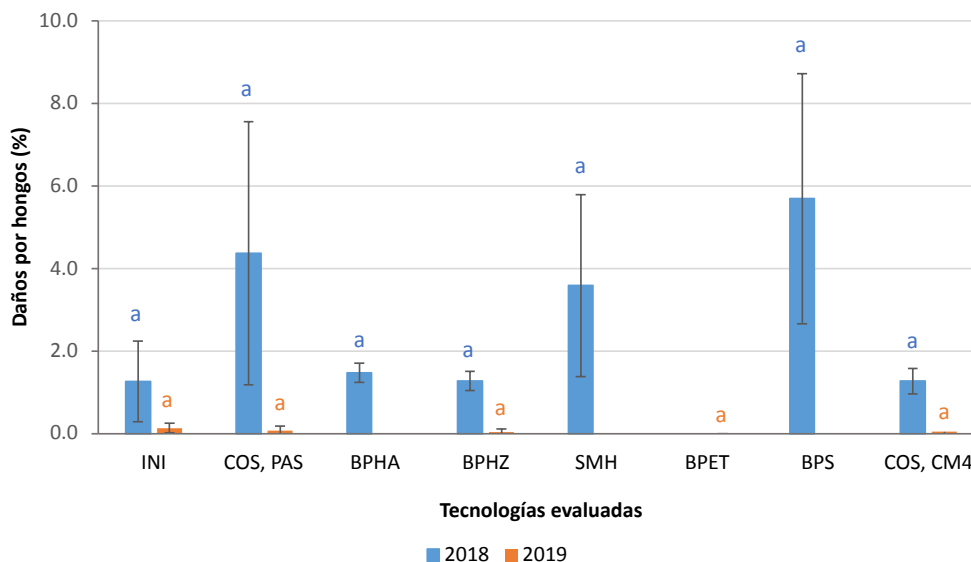
Figura 1. Daños por insectos en granos de maíz al inicio de cada evaluación y por efecto de tecnologías de conservación, Comitán, Chiapas, ciclos 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamiento, ver Tabla 1.

3.2. Daños por hongos

Los daños por hongos en ambas evaluaciones no mostraron diferencias significativas ($P=0.054$ para 2018 y $P=0.448$ para 2019) (véase Figura 2). Los resultados obtenidos en 2018 muestran un porcentaje de daños por hongos más alto comparado con los resultados obtenidos en 2019. En 2018, los porcentajes de daños por hongos estuvieron entre el 1.3% y el 5.7%, mientras que en 2019 estuvieron entre el 0% y el 0.1%. Odjo et al. (2022) mencionan que *Aspergillus* y *Penicillium* son hongos que invaden los granos después de la cosecha, lo que reduce su valor fisiológico y nutricional. Para evitar el deterioro durante el almacenamiento, es impor-

tante mantener un contenido de humedad por debajo del 13.5%, que es el mínimo requerido para el desarrollo de los hongos de almacén en cereales.

La humedad al inicio de cada evaluación fue del 9.8% para 2018 y del 9.3% para 2019. Al término de la evaluación de 2018, el porcentaje de humedad promedio de todos los tratamientos fue del 9.7%, y fue el tratamiento COS, CM4 el que tuvo un valor del 11.0% de humedad; este porcentaje de humedad no influyó en el porcentaje de daños por hongos. En 2019, la humedad fue del 8.2% en promedio para todos los tratamientos, por lo que no representó un riesgo para el desarrollo de hongos.

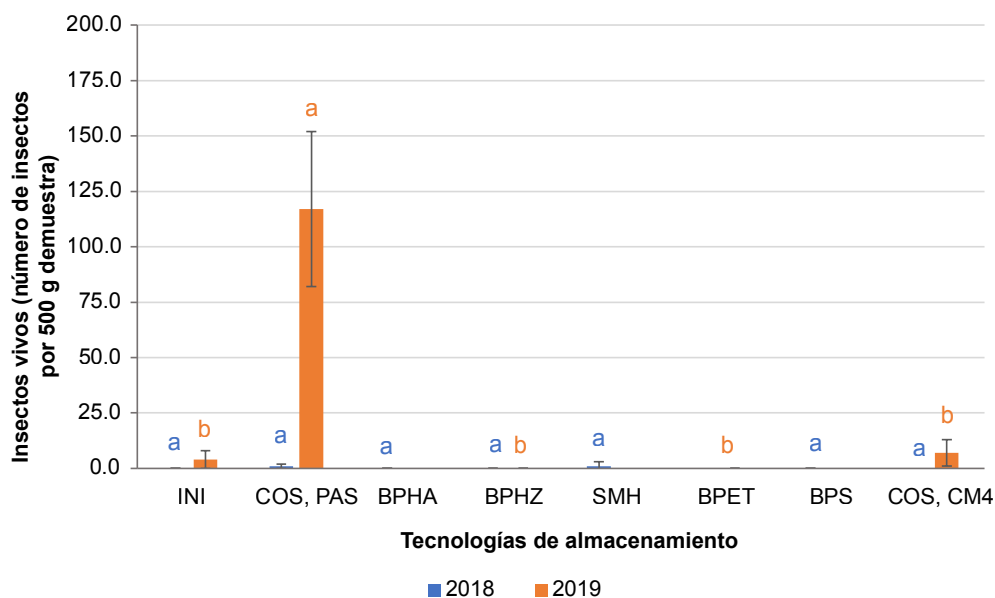


■ **Figura 2.** Daños por hongos en granos de maíz al inicio de cada evaluación y por efecto de tecnologías de conservación, Comitán, Chiapas, ciclos 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; la escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.3. Número de insectos vivos

Al término de la evaluación de 2018, la cantidad de insectos vivos fue muy baja y similar entre los recipientes ($P=0.543$). Se encontró un insecto vivo en el SMH y uno en el tratamiento COS, PAS por muestra de 500 g. En cambio, en 2019, la cantidad de insectos vivos fue significativamente diferente entre los tratamientos ($P<0.001$). En los tratamientos COS, CM4 y COS, PAS se encontraron 7 y 117 insectos vivos, respectivamente (véase figura 3).

No se encontraron las mismas especies en los dos tratamientos: en el tratamiento COS, PAS hubo presencia del gorgojo del maíz (*S. zeamais*), mientras que en el tratamiento COS, CM4 se encontró la palomilla dorada (*S. cerealella*). Es importante destacar que la presencia de palomillas en el grano de este tratamiento se observó en una capa de 10 cm de espesor, en la parte superior cerca de la entrada de los costales (arriba). En cambio, el grano almacenado en las tecnologías herméticas no presentó insectos vivos.



■ **Figura 3.** Número de insectos vivos en grano de maíz por efecto de tecnologías de conservación, Comitán, Chiapas, ciclos 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: Cantidades iniciales de insectos vivos. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión y lecciones aprendidas

Es importante difundir los resultados de la plataforma a los agricultores de la región Meseta Comiteca Tojolabal, ya que las pérdidas de granos por los métodos convencionales ponen en riesgo su seguridad alimentaria y ocasionan importantes daños económicos. La colaboración entre los dife-

rentes actores que intervienen en la cadena productiva y de valor del cultivo de maíz es crucial para enfrentar los desafíos de proveduría, adopción y escalamiento de las tecnologías herméticas, con el fin de conservar la calidad y cantidad de los granos almacenados.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Comitán.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	No resultó ser efectiva, ya que se registró hasta un 64 % de daños por insectos en 2019 y se encontraron más de 100 gorgojos vivos en 500 g de granos. El daño por hongo estuvo por debajo del 5%. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos almacenados; además, representa un riesgo para la salud de las personas debido al manejo inadecuado que se le da.
Bolsa plástica hermética de amarre	Se recomienda su uso, ya que permite un buen control de plagas de almacén, lo que reduce las pérdidas por daños de insectos a menos del 1%. El daño por hongos se mantuvo similar al daño inicial. Es importante realizar un amarre que permita abrir fácilmente la bolsa.



Bolsa plástica hermética con zíper	Al igual que la bolsa de amarre, se recomienda su uso, ya que permite reducir los daños por insectos a menos del 1 %. Además, el daño por hongos se mantuvo similar al daño inicial. Es importante asegurarse que el costal brinde el soporte adecuado para evitar que el grano ejerza demasiada presión en el cierre y este pueda llegar a abrirse.
Silo metálico hermético	Resulta ser una buena opción para reducir los daños por insectos al 1 % y los daños por hongos al 3.6 %. Se recomienda su uso para los agricultores. Es importante tener un espacio adecuado para su instalación y evitar, en la medida de lo posible, el contacto con el agua para prevenirla corrosión (oxidación).
Botella de PET	Resulta ser una buena opción, ya que el porcentaje de daños por insecto estuvo por debajo del 2.5 % y no presentó daños por hongos. Los costos de inversión son bajos, ya que son materiales reciclados. Se recomienda su uso para agricultores de autoconsumo.
Bolsa plástica estándar, calibre 500	Resultó ser efectiva para el manejo de plagas, ya que los daños estuvieron por debajo del 1 %. El porcentaje de daños por hongos en 2019 fue del 6 %. Es importante considerar que la humedad del grano al momento del almacenamiento debe estar por debajo del 13 %. Se recomienda considerar el calibre para tener mayor efectividad; en la plataforma de Comitán se utilizó la bolsa estándar de calibre 500.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	Los daños por insectos de mantuvieron por debajo del 10 % y los daños por hongos, debajo del 2 %. Se recomienda esta opción para la conservación de granos que se van a nixtamalizar en lugar del costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio y cuando no existan otras opciones de almacenamiento.

5. Referencias

- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>.
- Rivers, A., González Regalado, J. y Verhulst, N. (2017). Tecnologías herméticas y alternativas para disminuir pérdidas de maíz almacenado en México. *EnlACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 37, 48–52.
- Odjo, S., Palacios-Rojas, N., Burgueño, J., Corrado, M., Ortner, T. y Verhulst, N. (2022). Hermetic storage technologies preserve maize seed quality and minimize grain quality loss in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 96(April 2021), 101954. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101954>



Opciones sustentables para la conservación de granos de frijol en Ocosingo, Chiapas

Colaborador	José Moisés Rodríguez Castellanos y Gerardo Torres López
Institución	El Can'Chix, SC
Hub	Chiapas
Municipio, Estado	Ocosingo, Chiapas
Clima	Templado (cfb)
Altitud	900 msnm
Temperatura media anual	18.7 °C
Temperatura mínima mensual	11.8 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	26.9 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	69 % (abril)
Humedad relativa máxima mensual	88 % (septiembre)
Precipitación anual	1870 mm
Año de evaluación	2019

1. Introducción

En varias regiones del estado de Chiapas, los principales cultivos son el maíz y el frijol, que pueden cultivarse de manera asociada o en monocultivo. La mayor parte del grano de frijol que se cosecha es para el autoconsumo, solo en algunas regiones de la Meseta Comiteca se produce lo suficiente para la comercialización. Los granos destinados al autoconsumo normalmente se almacenan en costales de polipropileno y se tratan con insecticidas, principalmente las pastillas de fosforo de aluminio (fosfina) y graneril (malatión desodorizado). En algunas localidades de la región Selva Lacandona, se emplea el folidol (paratión metílico) para el control de plagas en granos de frijol durante el almacenamiento, aunque este producto está aprobado solo para su uso en cultivos, y la cantidad máxima de residuos

permitida por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por su siglas en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA por su siglas en inglés) de los Estados Unidos en alimentos es de 0.1 a 1 partes por millón (ppm) (ATSDR, 2001). Por lo tanto, tratar granos con este producto representa un riesgo para la salud.

Con el objetivo de evaluar prácticas y tecnologías poscosecha adaptadas a agricultores de autoconsumo y con potencial productivo que permitan reducir la pérdida de cantidad y calidad de granos de frijol y generar recomendaciones, se instaló en 2019 una plataforma de investigación poscosecha en Ocosingo, Chiapas.



2. Materiales y métodos

En San Marcos, Ocosingo, se estableció la plataforma de investigación poscosecha, donde se evaluaron seis tratamientos (ver Tabla 1) bajo un diseño de bloques por tratamiento y tres repeticiones por un periodo de 202 días (alrededor de siete meses). Se emplearon granos de frijol criollo de vara de color negro. Como control, se consideró la práctica convencional utilizada por los agricultores de la región Selva Lacandona para conservar granos de frijol, que consiste en tratar los granos con paratión metílico (COS, QUIM) en una dosis de 100 a 150 g por costal de 50 kg de granos. El nombre comercial de este producto en la región es folidol, un pesticida utilizado para eliminar insectos en los cultivos, aunque no es apto para tratar granos básicos. En

la evaluación, se usó una dosis de 150 g por 50 kg de frijol. La práctica convencional se comparó con tratamientos que utilizan tecnologías alternativas sustentables (ver Tabla 1): dos dosis de hidróxido de calcio o cal micronizadas (COS, CM2 a 2 kg/t de granos y COS, CM4 a 4 kg/t de granos); bolsa plástica hermética ZeroFly (ZFLY) de Vestergaard, que incluye un costal de polipropileno impregnado con el insecticida deltametrina; bolsa plástica hermética de zíper de GrainPro (BPHZ); y tambo de plástico (TB). La mayoría de los tratamientos almacenaron 20 kg de granos, excepto en las repeticiones del tratamiento COS, QUIM y COS, CM4, donde se almacenaron entre 10 y 14.1 kg respectivamente, debido a la falta de disponibilidad de más granos.

■ **Tabla 1.** Descripción de tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Ocosingo, Chiapas, 2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo de evaluación (meses)
Tecnología convencional	COS, QUIM	Costal de polipropileno	Paratión metílico (Folidol)	7
Tecnologías herméticas	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	7
	ZFLY	Bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard) (con un costal de polipropileno impregnado de un insecticida, la deltametrina)	Ninguno	7
Tecnologías herméticas alternativas	TB	Tambo plástico	Ninguno	7
Polvos inertes	COS, CM2	Costal de polipropileno	Cal micronizada 2 g/kg de granos	7
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada 4 g/kg de granos	7

Para asegurar un buen almacenamiento de granos y obtener resultados positivos con el uso de tecnologías herméticas y/o polvos inertes, es esencial que el grano esté seco, limpio, sano y fresco, y que se almacene igualmente en un lugar seco y fresco. El acondicionamiento de los granos de frijol consistió en limpiarlos con el uso de una criba de 5/5 y la acción del viento para eliminar impurezas y granos dañados (limpio y sano). Se obtuvieron la humedad

y la temperatura con un medidor electrónico de la marca John Deere, modelo SW08120, para garantizar que el grano estuviera seco y fresco. Se tomaron muestras de 500 gramos para clasificar los daños al inicio de los ensayos y, al final, se pesó la cantidad de granos en las diferentes clasificaciones de daños, y se usó una báscula granataria para determinar los porcentajes de daños por insectos y hongos principalmente.

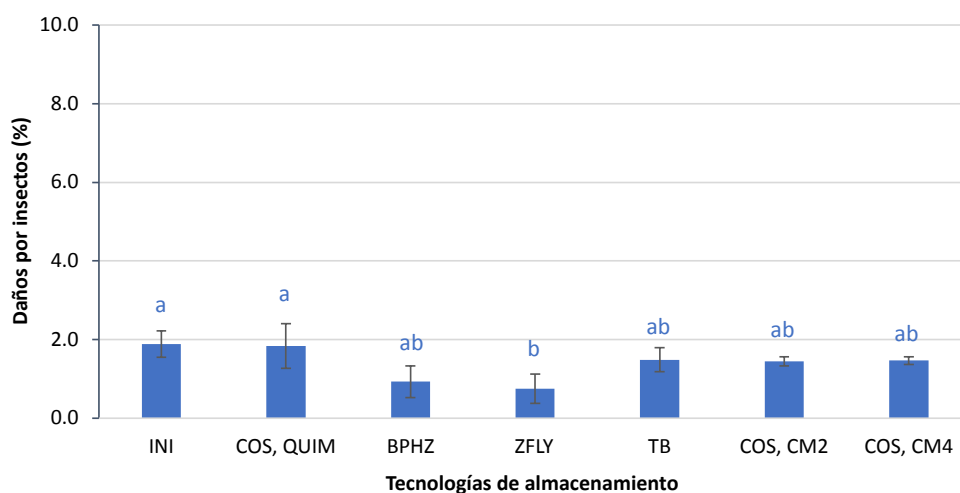


3. Resultados y discusión

Los porcentajes iniciales de daños por insectos en los granos de frijol obtenidos en la plataforma Ocosingo, Chiapas, estuvieron por debajo del 2 % para todos los tratamientos (véase Figura 1). Al final del periodo de evaluación, los daños fueron bajos (entre el 0.8 % y el 1.8 %) y significativamente diferentes entre tratamientos ($P=0.010$) (véase Figura 1). Es importante tener en cuenta que el paratión metílico está aprobado solo para su uso en cultivos, y la cantidad máxima de residuos permitida por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en cultivos utilizados como alimento es de 0.1 a 1 ppm (ATSDR, 2001); por lo tanto, tratar granos con este producto representa un peligro para la salud.

En la evaluación sensorial realizada por los agricultores que asistieron al evento de levantamiento de

la plataforma, indicaron que los granos almacenados en las tecnologías herméticas tenían un olor agradable, muy similar al grano recién cosechado, y conservaron su brillo. Para el caso de los polvos inertes, señalaron que el hecho de que el grano se viera blanquecino por la presencia del producto podría afectar la comercialización, porque podría confundir al comprador, quien podría pensar que se trata de algún tipo de químico para el manejo de plagas que afecta la salud del consumidor. También mencionaron que sería importante evaluar la duración del proceso de cocción para determinar qué tecnología permite conservar tanto la calidad del grano y el tiempo de cocción, ya que esta práctica no se consideró en la evaluación. El grano del tratamiento COS, QUIM fue el que menos gustó a los agricultores, quienes comentaron que cambiarían la práctica de conservación.

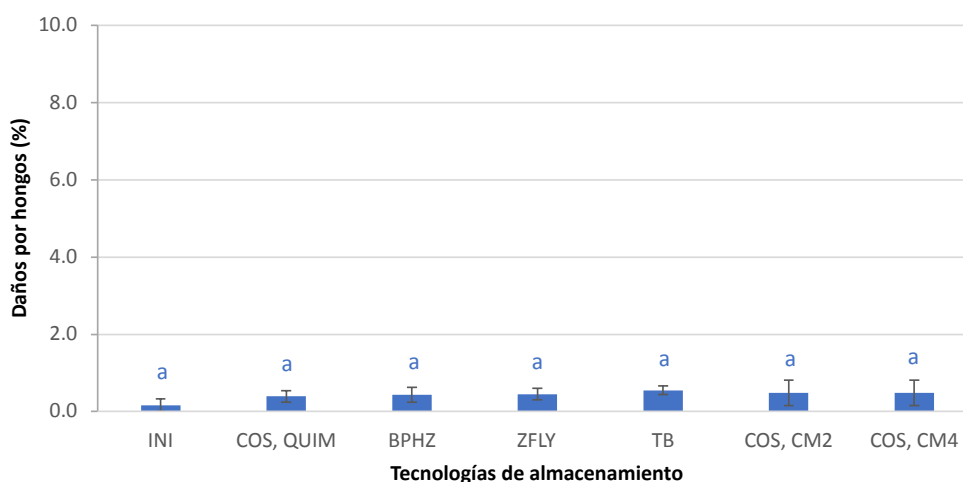


■ **Figura 1.** Daños por insectos en granos de frijol por efecto de cada tecnología evaluada en un periodo de 202 días. Ocosingo, Chiapas, ciclo 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$); escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver tabla 1.



La presencia de hongos también es un factor importante para considerar en el proceso de almacenamiento, ya que pueden contaminar los granos mediante la producción de micotoxinas y tener efectos secundarios en la salud de los consumidores. En esta evaluación, además, se midió el porcentaje de granos dañados por hongos al inicio y final de la evaluación, y los resultados indicaron que los niveles de daños por hongos fueron similares

entre los tratamientos ($P=0.919$) y se mantuvieron debajo del 1% (véase Figura 2). La presencia de hongos y el porcentaje de daños están definidos por la humedad del grano y el ambiente donde se almacena. En este caso, la humedad del grano al momento de iniciar la evaluación fue del 12.9% y se mantuvo en un espacio libre de humedad con buena ventilación.



■ **Figura 2.** Daños por hongos en granos de frijol por efecto de cada tecnología evaluada en un periodo de 202 días. Ocosingo, Chiapas, ciclo 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$); escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver tabla 1.

4. Conclusión y lecciones aprendidas

Después de casi siete meses de almacenamiento, se demostró que las tecnologías herméticas y los polvos inertes contribuyen a eliminar el uso de productos químicos para el manejo de plagas

durante el almacenamiento de frijol, lo que reduce los riesgos de la salud del consumidor mediante la conservación de la inocuidad, calidad y cantidad.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de siete meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Ocosingo, Chiapas.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno con paratión metílico (Folidol)	El porcentaje de daños por insectos fue del 1.8%, mientras que los daños por hongos fueron menores al 0.5%. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos básicos, ya que es un pesticida diseñado para el control de plagas en cultivos y puede ser perjudicial para la salud de los consumidores cuando se aplica en granos.



Bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard)	Funciona bien para el almacenamiento y conservación de granos de frijol. Los daños por insectos fueron menores al 1% y los daños por hongos estuvieron por debajo del 0.5%. Se recomienda su uso para los agricultores de autoconsumo.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	El porcentaje de daños por insectos fue menor al 1% y los daños por hongos fueron menos del 0.5%. Por lo tanto, se recomienda su uso para el almacenamiento y conservación de granos. Es importante manejarla adecuadamente y evitar pinchaduras que comprometan el principio de hermeticidad.
Costal de polipropileno con cal micronizada (2 g/kg)	Los daños por insectos fueron del 1.4% y los daños por hongos estuvieron por debajo del 0.5%. Se recomienda su uso, ya que es una buena opción para sustituir productos químicos que contaminan el grano y ponen en riesgo la salud del consumidor.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	Los daños por insectos fueron del 1.5% y los daños por hongos estuvieron por debajo del 0.5%, muy similar a los resultados obtenidos cuando se aplican 4 g de cal por kg de granos. Se recomienda su uso como una opción efectiva para sustituir productos químicos que contaminan el grano y ponen en riesgo la salud del consumidor. Sin embargo, se puede usar la dosis de 2 g/kg en la zona de Ocosingo, Chiapas.
Tambo de plástico	Permite conservar los granos de frijol, con daños por insectos del 1.5% y por hongos de 0.6%. Se recomienda su uso para la conservación de granos y semillas de frijol. Estas tecnologías pueden ser recicladas, siempre y cuando el contenido previo haya sido de grado alimenticio.

5. Referencia

ATSDR. (2001). *Public Health Statement Methyl Parathion Public Health Statement Methyl Parathion*. 1–7.



Conservación de granos de maíz mediante el uso de tecnologías herméticas en la región Los Llanos, Chiapas

Colaboradores	Juan Diego López Durante
Institución	Prestador de servicio independiente
Hub	Chiapas
Municipio, Estado	Venustiano Carranza, Chiapas
Clima	Cálido subhúmedo con lluvias en verano
Altitud	600 msnm
Temperatura media anual	Dato no disponible
Temperatura mínima mensual	Dato no disponible
Temperatura máxima mensual	Dato no disponible
Humedad relativa mínima mensual	Dato no disponible
Humedad relativa máxima mensual	Dato no disponible
Precipitación anual	700 mm
Años de evaluación	2017, 2018 y 2019

1. Introducción

En Chiapas, el cultivo de maíz ha sido de gran importancia, ya que constituye una de las principales actividades económicas del sector rural en cuanto al uso de la tierra, la generación de empleos y el suministro de alimentos. Las pérdidas poscosecha son uno de los principales problemas que enfrentan los pequeños agricultores en este estado. Las regiones más afectadas son las tropicales y subtropicales, y los insectos que más daño causan a los granos de maíz en poscosecha son: el gorgojo (*Sitophilus zeamais*), el barrenador (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*) (García Lara y Bergvinson, 2007).

En Venustiano Carranza, Chiapas, los agricultores emplean diferentes alternativas para reducir las pérdidas de granos durante el almacenamiento. La principal tecnología usada es el costal de polipropileno, sin ningún acondicionamiento, o con el

uso de la pastilla de fosfuro de aluminio (fosfina) o con malatión desodorizado (Graneril). Uno de los problemas del uso de estos productos químicos en la conservación de granos es que los agricultores no emplean las dosis adecuadas, no tienen los materiales de protección personal necesarios y tampoco han recibido capacitación para su manejo apropiado (Odjo et al., 2018). Esto representa un riesgo para la salud de los pequeños agricultores, y en varias ocasiones se han reportado intoxicaciones por el uso inadecuado de productos químicos.

De 2017 a 2019, se ha implementado una plataforma poscosecha en Venustiano Carranza, Chiapas, para evaluar alternativas al uso de productos químicos durante el almacenamiento, adaptadas a los pequeños agricultores de la región, con el fin de desarrollar recomendaciones y fortalecer la seguridad alimentaria de los agricultores de la zona.



2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se implementó entre 2017 y 2019 en el ejido Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Chiapas (véase Figura 1), dentro de la región De Los Llanos. En esta zona, los agricultores utilizan una variedad de tecnologías de almacenamiento, con o sin el uso de productos químicos. Las tecnologías evaluadas (ver Tabla 1) variaron en cada periodo y se dividieron en cuatro tipos:

1. **Tecnologías convencionales:** costal de polipropileno sin ningún acondicionamiento (COS), o con malatión desodorizado (Graneril), o con fosforo de aluminio (COS, PAS).
2. **Tecnologías herméticas:** bolsa plástica hermética de amarre, GrainPro (BPHA); bolsa plástica

hermética con zíper de GrainPro (BPHZ); y silo metálico hermético (SMH).

3. **Tecnologías herméticas alternativas:** el tambor plástico (TB).
4. **Polvos inertes:** costal de polipropileno con cal micronizada en tres dosis (2 g/kg de grano, 4 g/kg de grano y 6 g/kg de grano), y el costal de polipropileno con la ceniza de estiércol bovino en una dosis de 4 g/kg de grano.

La ceniza de estiércol bovino se obtuvo mediante la combustión del excremento de ganado, completamente seco por la acción del sol y recolectado en un potrero. Después de completar este paso, se procedió a cernir la ceniza con un colador plástico de cocina con un diámetro de 20 cm.



■ **Figura 1.** Plataforma de poscosecha en Venustiano Carranza, Chiapas, el 15 de mayo de 2018.



■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas entre 2017 y 2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación		
				2017	2018	2019
Tecnologías convencionales	COS	Costal de polipropileno	Sin tratamiento	-	6	6
	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosfuro de aluminio (1 pastilla por 50 kg de granos)	-	-	6
	COS, MAL	Costal de polipropileno	Graneril (malatión desodorizado (1 g/kg de grano	3	6	-
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre	Ninguno	3	6	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	3	6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	3	6	6
Tecnologías herméticas alternativas	TP	Tambo de plástico	Ninguno	-	6	6
Polvos inertes	COS, CM2	Costal de polipropileno	Cal micronizada (2 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	3	6	6
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, CZ	Costal de polipropileno	Ceniza de estiércol (4 g/kg de grano)	-	-	6

Las tecnologías descritas en la Tabla 1 fueron evaluadas durante un periodo de almacenamiento de tres meses en el ciclo 2017, y de seis meses en los ciclos 2018 y 2019, con tres repeticiones cada uno. El grano de maíz que se empleó en los tres ciclos se obtuvo bajo condiciones controladas en la plataforma de investigación agronómica Venustiano Carranza, Chiapas.

Previo a la instalación de la plataforma, se realizó el acondicionamiento del grano para garantizar que estuviera limpio, sano, fresco y seco. Para la clasificación del grano antes del establecimiento, se tomaron tres muestras: de 1000 g en 2017, y 500 g en 2018 y 2019. Se midieron la humedad y la temperatura al emplear un analizador de humedad electrónico portátil (John Deere Moisture Check

Plus Grain Moisture Tester, modelo SW 08120). Además, se clasificaron los granos para determinar los porcentajes de daños por insectos y hongos. Al concluir los ensayos, se tomaron muestras de cada contenedor para medir de nuevo la humedad, la temperatura y los porcentajes de daños, y así poder comparar los resultados obtenidos al inicio y final de las evaluaciones.

Para calcular la rentabilidad de cada tecnología, se calculó el costo de almacenamiento específico de cada una. En los tratamientos COS; COS, PAS; y COS, MAL, se consideró realizar la actividad tres veces al año. Los agricultores de la región De Los Llanos, Chiapas, manejan el grano entre tres y cuatro veces al año para evitar pérdidas mayores al 30%, dependiendo de la infestación por insectos.



tos. Cada vez que acondicionan el grano, también reemplazan los costales, y el costo de la limpieza equivale a tres jornadas en cada proceso de acondicionamiento. En el caso de las bolsas herméticas, se consideró una vida útil de tres años, lo que amortizó su costo durante este periodo. Para el caso del SMH y el TP, el costo del equipo se amortizó a lo largo

de 10 años. En el caso del uso de cal micronizada, se contempló un solo tratamiento por año. Para calcular el ingreso por la venta de granos sin daños, se utilizó el porcentaje promedio de pérdidas por daños de insectos y el valor de una tonelada de maíz, con base en el precio de garantía de 2022 fijado por SEGALMEX, equivalente a \$6 965 MXN/t.

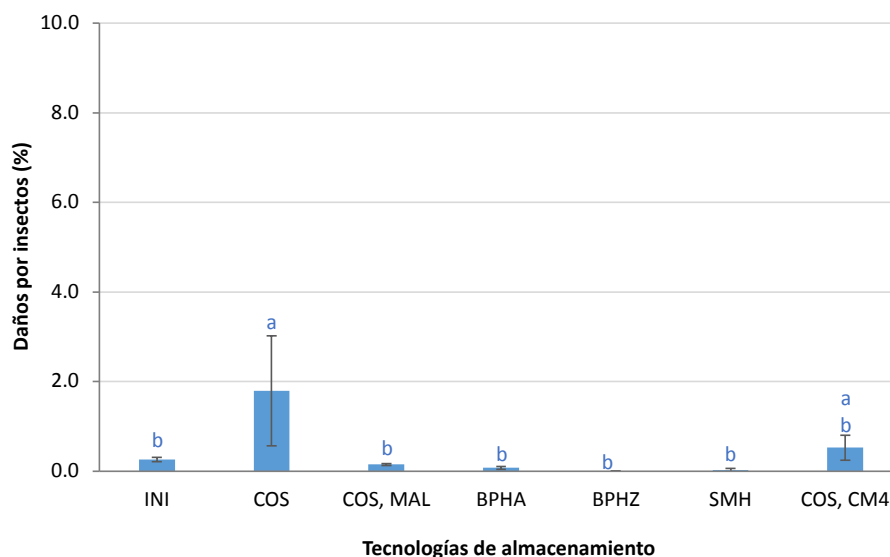
3. Resultados y discusión

3.1. Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha

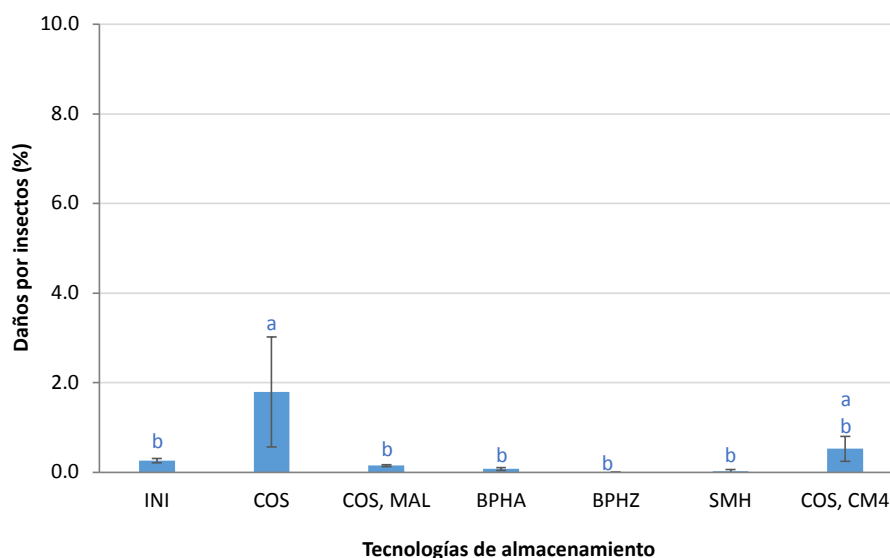
Después de tres ciclos de evaluación, donde se compararon tecnologías convencionales con alternativas sustentables para la conservación de granos básicos, se analizaron los resultados de los daños causados por insectos y hongos, así como la rentabilidad de cada tecnología.

El porcentaje de daños por insectos fue diferente entre las tecnologías en cada año de evaluación ($P = 0.004$ en 2017; $P < 0.001$ en 2018 y en 2019) (véanse Figuras 2 y 3). Las mayores pérdidas se registraron en el costal de polipropileno sin tratamiento adicional de grano (COS) en los ciclos 2018 y 2019, con un 32.2% y un 63.3% de daños, respectivamente. Los granos acondicionados con ceniza de estiércol

de bovino (COS, CZ), cal micronizada a una dosis de 2 g por kg de grano de maíz (COS, CM2) y cal micronizada a una dosis de 6 g por kg de grano de maíz (COS, CM6), presentaron un promedio de daños por insectos del 18.4%, del 11.2% y del 5.9% respectivamente. El uso de pastillas de fosforo de aluminio y cal micronizada a una dosis de 4 g por kg de grano de maíz (COS, CM4) resultó en una pérdida por daños de insectos del 1.3%. En promedio, las pérdidas con las tecnologías herméticas y las tecnologías herméticas alternativas fueron inferiores al 1%. En general, el costal de polipropileno no fue muy efectivo para minimizar los daños por insectos en los ciclos 2018 y 2019. En cambio, las tecnologías herméticas y las tecnologías herméticas alternativas demostraron ser efectivas en los tres ciclos de evaluaciones.



■ **Figura 2.** Daños por insectos (media $\pm$ desviación estándar) en granos almacenados por 3 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas, ciclo 2017. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



■ **Figura 3.** Daños por insectos (media $\pm$ desviación estándar) en granos almacenados por seis meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas, ciclos 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Los daños por hongos no presentaron diferencias significativas en 2017 ($P=0.054$, Figura 4) ni en 2018 ($P=0.088$, Figura 5). Sin embargo, en 2019, la variación en los daños por hongos entre los tratamientos fue significativa ($P=0.038$, Figura 5). El mayor nivel de daños por hongos se observó en los

granos almacenados en costales de polipropileno sin acondicionamiento (COS: el 5.5%), lo cual fue significativamente superior al nivel inicial de daño por hongos (el 1.4%). Todos los demás recipientes mostraron niveles de daños por hongos bajos (< del 3%) y similares a los niveles iniciales.

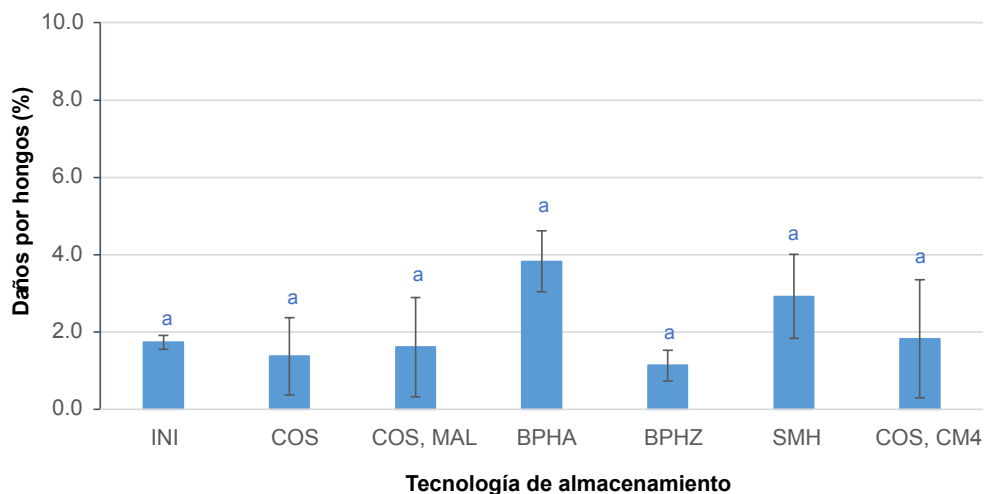


Figura 4. Daños por hongos (media $\pm$ desviación estándar) en granos almacenados por tres meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas, ciclo 2017. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10%. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

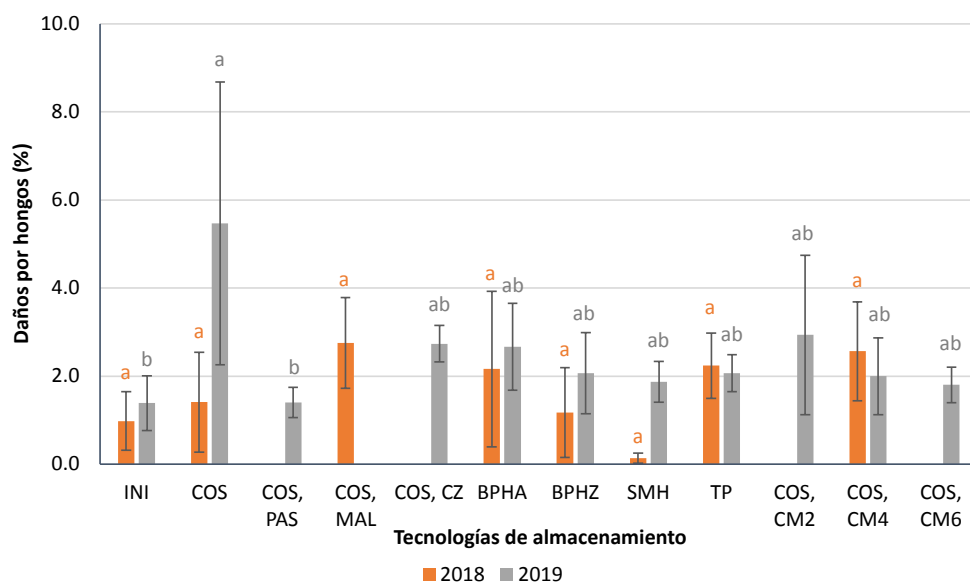


Figura 5. Daños por hongos (media $\pm$ desviación estándar) en granos almacenados por seis meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas, ciclos 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10%. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2. Análisis de utilidad económica de las tecnologías evaluadas en la plataforma de Venustiano Carranza, Chiapas

Al realizar el análisis de utilidad (véase Figura 6), se encontró que el tratamiento COS presentó la utilidad más baja, con un valor de \$3,441 MXN/t. Los tratamientos con tecnologías herméticas tuvieron

un promedio de utilidad de \$6,018 MXN/t, mientras que la tecnología hermética alternativa (TP) registró una utilidad de \$6,300 MXN/t. El tratamiento COS con CM4 tuvo una utilidad de \$6,057 MXN/t. En general, las tecnologías herméticas y el uso de la cal micronizada con una dosis de 4 g/kg de granos obtuvieron la mayor rentabilidad.

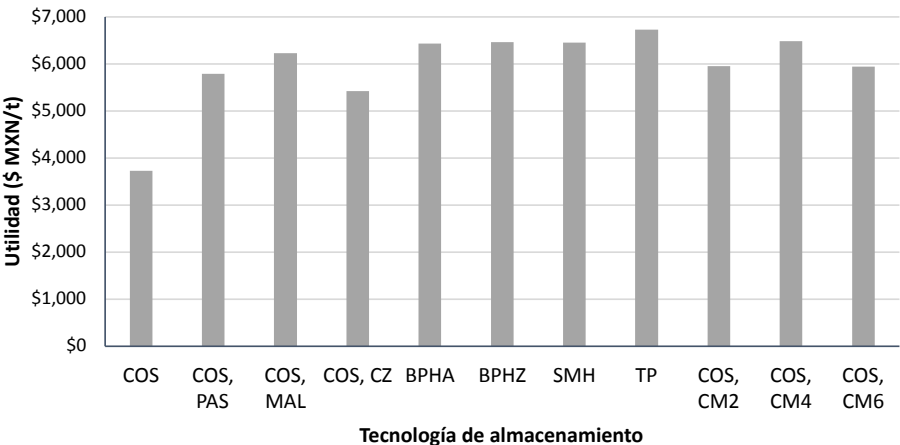


Figura 6. Utilidades de los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Venustiano Carranza, Chiapas, ciclos 2017 y 2018. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión y lecciones aprendidas

La comparación de cuatro alternativas de conservación de maíz en la plataforma Venustiano Carranza, Chiapas, durante un periodo de tres ciclos, permitió identificar las mejores opciones para reducir las

pérdidas por insectos durante el almacenamiento y determinar las opciones económicamente viables. Esto ha permitido formular las siguientes recomendaciones:

Tabla 2. Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Venustiano Carranza, Chiapas.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	Los daños por insectos fueron del 32.6 % y por hongos del 2.8 % con una utilidad de \$3441 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el almacenamiento y la conservación de granos y semillas.
Costal de polipropileno con pastilla de fosfuro de aluminio	Los daños por insectos fueron del 1.3 % y el 1.4 % por hongos, con una utilidad de \$5365 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas, ya que representa un riesgo para la salud de las personas debido al manejo inadecuado que se le da.
Costal de polipropileno con malatión desodorizado (Graneril)	Los daños por insectos fueron del 0.3 % y por hongos del 2.2 %, con una utilidad de \$5790 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas, ya que su uso representa un riesgo para la salud de las personas.



Bolsa plástica hermética de amarre	Los daños por insectos fueron del 1.0% y el 2.9% por hongos, con una utilidad de \$5 999 MXN por tonelada. Se recomienda su uso para la conservación y almacenamiento de granos y de semillas. Es importante utilizar tarimas en buen estado y proteger la bolsa de objetos punzocortantes como astillas, clavos, agujas, etc.
Bolsa plástica hermética con zíper	Los daños por insecto fueron del 0.6% y por hongos del 1.5%, con una utilidad de \$6 031 MXN por tonelada. Se recomienda su uso en la conservación y almacenamiento de granos y de semillas. Es importante utilizar tarimas en buen estado y proteger la bolsa de objetos punzocortantes como astillas, clavos y agujas.
Silo metálico hermético	Los daños por insecto fueron del 0.6% y por hongos del 1.6%, con una utilidad de \$6 024 MXN por tonelada. Se recomienda su uso en la conservación y almacenamiento de granos y de semillas. Es importante colocarlos sobre una tarima en un espacio adecuado para su manejo, y evitar así daños por humedad y el contacto directo con los rayos del sol.
Tambo de plástico	Los daños por insecto fueron del 0.9% y por hongos del 2.2%, con una utilidad de \$6 300 MXN por tonelada. Se recomienda su uso en la conservación y almacenamiento de granos y de semillas. Si se utilizan tambos reciclados, es recomendable asegurarse de que previamente hayan contenido algún producto de grado alimenticio.
Costal de polipropileno con cal micronizada en una dosis de 2 g por kg de grano	Los daños por insecto fueron del 11.2% y por hongos del 2.9%, con una utilidad de \$5 566 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas.
Costal de polipropileno con cal micronizada en una dosis de 4 g por kg de grano	Esta dosis resultó ser más efectiva. Los daños por insecto fueron del 1.3% y por hongos del 2.1%, con una utilidad de \$6 057 MXN por tonelada. Se recomienda su uso en la conservación y almacenamiento de granos y de semillas. La eficiencia de esta tecnología de almacenamiento depende de parámetros climáticos como la humedad relativa y la temperatura. En algunos años, se han registrado pérdidas importantes con esta tecnología de almacenamiento. Un año muy seco puede resultar en una baja presión de las plagas poscosecha.
Costal de polipropileno con cal micronizada en una dosis de 6 g por kg de grano	Los daños por insecto fueron del 5.9% y el 1.8% por hongos, con una utilidad de \$5 537 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas.
Costal de polipropileno con ceniza de estiércol de bovino	Los daños por insecto fueron del 18.4% y el 2.7% por hongos, con una utilidad de \$5 064 MXN por tonelada. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas.

5. Referencias

- García-Lara, S., y Bergvinson, D. J. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica En México*, 33, 181–189.
- Odjo, S., González Regalado, J., Vilchis Ramos, R., Castillo Villaseñor, L., Saldivia Tejeda, A., Galaviz Soto, P., Albarrán Contreras, B., y Verhulst, N. (2018). Poscosecha. Resultados 2017. In S. Fonteyne y N. Verhulst (Eds.), *Red de Plataformas de Investigación CIMMYT. Resultados PV 2017 y OI 2017-18. Agricultura de Conservación en la agricultura familiar*. (pp. 100–121). CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20123>



Alternativas sustentables para la conservación de granos básicos en Villa Corzo, Chiapas

Colaboradores	Rubén de la Piedra Constantino
Institución	Prestador de servicio independiente
Hub	Chiapas
Municipio, Estado	Villa Corzo, Chiapas
Clima	Tropical (Aw)
Altitud	596 msnm
Temperatura media anual	23.4 °C
Temperatura mínima mensual	16.6 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	32.5 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 61 % (marzo y abril)
Humedad relativa máxima mensual	el 86 % (septiembre)
Precipitación anual	1210 mm
Años de evaluación	2017

1. Introducción

En Chiapas, los agricultores protegen sus granos almacenados principalmente mediante el uso de productos químicos como el malatión desodorizado y la pastilla de fosforo de aluminio. Sin embargo, no emplean alternativas herméticas, como el silo metálico hermético para la preservación de granos almacenados (González Regalado *et al.*, 2017). Cuando se emplean productos químicos para la conservación de granos, principalmente de maíz, no se aplican las dosis adecuadas ni se da el manejo apropiado, lo que representa un riesgo para la salud (Odjo *et al.*, 2018).

Palafox Caballero *et al.* (2008) mencionan que, para las condiciones tropicales, los genotipos deben tener buena cobertura de mazorca, ya que el daño por gorgojo suele originarse en el campo y ésta es mayor a medida que los maíces presentan deficiencias en su protección por el totomoxtle. En Villa Corzo, Chiapas, el 37.2% de los agricultores emplean maíces híbridos, un 30.2% prefiere sembrar únicamente maíz criollo y un 32.6% opta por

sembrar ambos tipos de maíz, seleccionados por su resistencia a plagas y enfermedades (Delgado Ruiz *et al.*, 2018). El rendimiento promedio de maíz para grano es de 3.9 t/ha, cosechado en una superficie de 13,076 hectáreas (SIAP, 2020). Con base en el porcentaje de pérdidas (el 30%) que pueden ocurrir durante el periodo de almacenamiento y el precio de venta de \$5,610 MXN por tonelada (SEGALMEX, precio de garantía 2020), se estima que este municipio podría perder aproximadamente 85 millones de pesos (MXN) si no se realiza un manejo adecuado del grano cosechado.

El CIMMYT ha promovido en México el uso de contenedores herméticamente sellados como una forma efectiva de controlar los insectos en el almacenamiento (Odjo *et al.*, 2018). Con la finalidad de reducir las pérdidas de granos almacenados, el CIMMYT estableció un ensayo con tecnologías herméticas y polvos inertes para evaluar su efectividad en la conservación de granos de maíz de manera sustentable en Villa Corzo, Chiapas.



2. Materiales y métodos

El CIMMYT, junto con colaboradores locales, estableció un ensayo en el Rancho San Sebastián, ubicado en Villa Corzo, Chiapas, sobre la carretera Villa Corzo-Ejido Monterrey, a 4 km de la cabecera municipal. El estudio evaluó la efectividad de tecnologías herméticas para la conservación de la cantidad y la calidad del grano durante un periodo de almacenamiento de 112 días (aproximadamente cuatro meses). El ensayo se llevó a cabo el día 20 de julio de 2017 y finalizó el 9 de noviembre del mismo año. Se empleó un total de 1 050 kg de granos de maíz de la variedad PS-521.

En el experimento, se evaluaron seis tratamientos (ver Tabla 1) bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Como control, se utilizó la práctica común del productor para conservar el grano,

que consiste en usar una pastilla de fosfuro de aluminio (PAS) por cada 50 kg de granos de maíz almacenados en costales de polipropileno (COS). Este método se comparó con tratamientos de tecnologías alternativas sustentables:

1. Silo metálico hermético (SMH).
2. Bolsa plástica hermética de zíper (BPHZ).
3. Bolsa plástica hermética de amarre (BPHA).
4. Bolsa plástica estándar calibre 500 (BPS).
5. Hidróxido de calcio o cal micronizada en un costal de polipropileno (COS, CM4).

La cantidad de grano almacenada por tratamiento fue de 50 kg, excepto en el tratamiento SMH, donde se almacenaron 100 kg.

■ **Tabla 1.** Descripción de tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Villa Corzo, Chiapas, 2017.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo de evaluación (meses)
Tecnología convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Pastilla (media) de fosfuro de aluminio	4
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre	Ninguno	4
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	4
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	4
Tecnologías herméticas alternativas	BPS	Bolsa plástica estándar calibre 500	Ninguno	4
Polvo inerte	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada 4 g/kg de granos	4



Se utilizó grano sano mediante un proceso de tamizado con una criba de 5/5. Para eliminar las impurezas, se empleó en la limpieza del grano. La humedad se determinó tomando 3 muestras aleatorias de 1 kg cada una, del total de grano utilizado en el ensayo. Las lecturas se realizaron con un medidor de humedad portátil de la marca John Deere, modelo SW08120. El resultado promedio del contenido de humedad que se obtuvo fue del 10.8%. De igual manera, con el mismo equipo, se midió la temperatura del grano, y se reportó un valor promedio de 24.9 °C.

En las 3 muestras tomadas, se clasificó el grano para identificar el porcentaje de daños por insectos

y hongos, granos quebrados, daños por roedores y otros daños (como inmaduros, de otro color o calentados, entre otros). Para definir los daños totales, se pesó la cantidad de grano en las diferentes clasificaciones y se utilizó una báscula granataria.

Al finalizar el ensayo, se volvió a pesar el grano en cada tratamiento evaluado y se tomó una muestra de 1 kg por tratamiento en cada repetición para clasificar los daños por insectos, roedores, hongos y granos quebrados, así como para evaluar porcentaje de humedad, temperatura, porcentaje de germinación, porcentaje de plántulas normales, peso de 100 granos y promedio del índice de flotación.

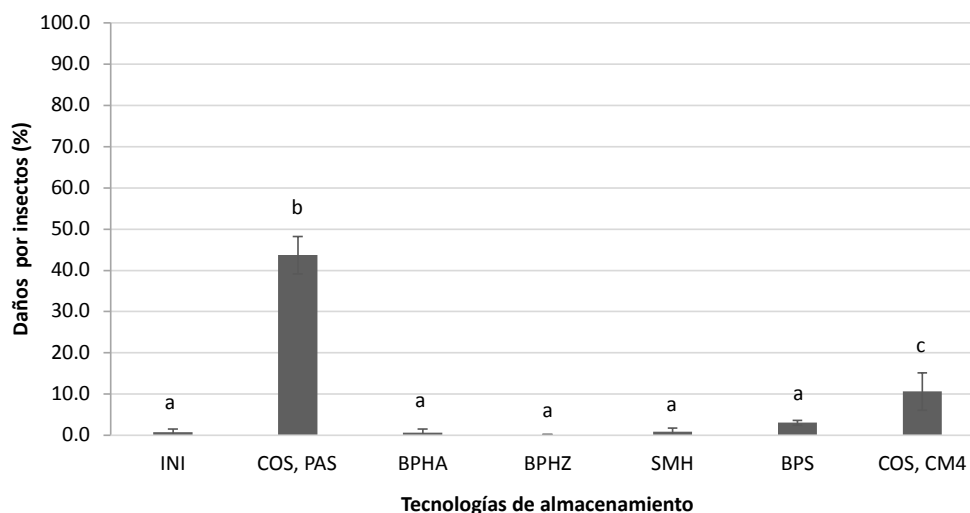
3. Resultados y discusiones

3.1. Daños por insectos

El porcentaje inicial de daños por insectos al momento de la instalación fue de 0.8%. Después de 112 días de almacenamiento, los daños por insectos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.001$). El mayor porcentaje de daños se observó en el tratamiento convencional (COS, PAS) con un valor del 43.7%, seguido del tratamiento con cal micronizada (COS, CM4), que registró un 10.0%, y la bolsa plástica estándar calibre 500, con un 3.0% (Figura 1). Los daños en el tratamiento con el uso de pastillas de fosfuro de aluminio se debieron principalmente a la presencia de *Sitophilus zeamais*. Estos resultados son similares a los reportados por Odjo *et al.* (2020), quienes registraron un 46.3% de daños por insectos en

zonas tropicales con el tratamiento con pastillas de fosfuro de aluminio.

Los daños más bajos se lograron con el uso de las tecnologías herméticas, como la bolsa plástica hermética de amarre (BPHA), la bolsa plástica hermética de zíper (BPHZ), y el silo metálico hermético (SMH), que mostraron daños por insectos inferiores al 1.0%. Estos resultados indican que los contenedores de almacenamiento hermético (SMH, BPHA, BPHZ) son una buena opción para la conservación de granos almacenados, ya que reducen considerablemente los daños por insectos y contribuyen a reducir el deterioro del grano.

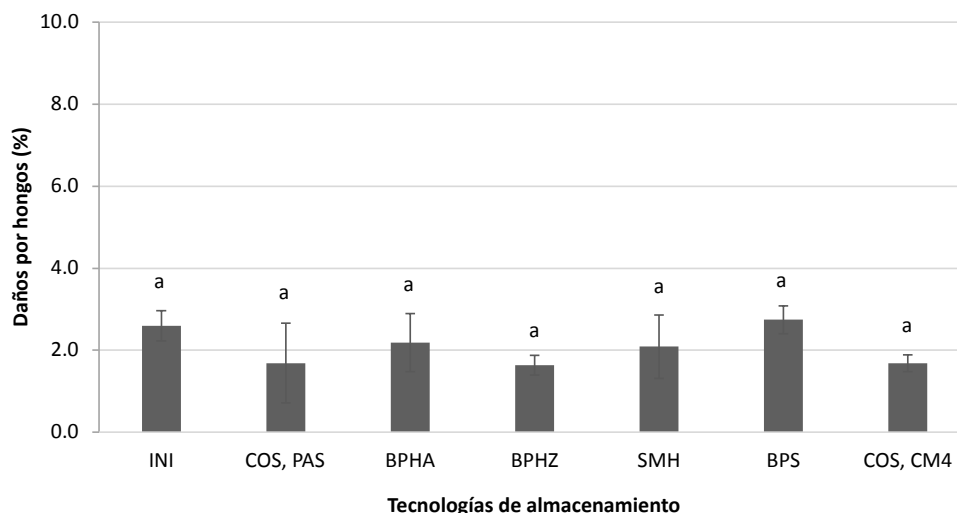


■ **Figura 1.** Daños por insectos en granos de maíz almacenados por un periodo de 112 días (4 meses), en la plataforma poscosecha Villa Corzo, Chiapas, 2017. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver tabla 1.

3.2. Daños por hongos

Al inicio de la evaluación, el porcentaje de daños por hongos fue del 2.6%. Después del almacenamiento, los porcentajes de granos dañados por hongos oscilaron entre el 1.6% y el 2.7%, sin observarse diferencias significativas entre las diferentes tecnologías de almacenamiento evaluadas ($P=0.267$) (véase Figura 2). Estos resultados pueden explicarse por la aplicación de buenas prácticas poscosecha antes del almacenamiento, como almacenar un grano sano, limpio, seco y fresco.

Para evitar el deterioro de granos y semillas durante el almacenamiento, es fundamental mantener el contenido de humedad por debajo del nivel mínimo requerido para el desarrollo de hongos de almacén, que en cereales es del 13.5% y del 8% al 9% para oleaginosas. Al momento de la instalación del ensayo, la humedad promedio del grano fue del 10.8%, y al abrir los tratamientos, la humedad estuvo entre el 10.2% y el 11.9%, y se mantuvo por debajo del porcentaje de humedad requerido para evitar problemas de hongos en cereales.



■ **Figura 2.** Daños por hongos en granos de maíz almacenados por un periodo de 112 días (4 meses) en la plataforma poscosecha Villa Corzo, Chiapas, 2017. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10%. Para abreviaciones de tratamientos, ver tabla 1.

3.3. Calidad de grano y semilla

La conservación de granos básicos no solo se realiza para asegurar la disponibilidad de alimentos en un futuro, sino también para preservar las especies cultivadas. Por esta razón, la evaluación de alternativas sustentables para la conservación de granos y semillas incluyó un análisis de calidad, donde se evaluó el porcentaje de germinación y el promedio de plántulas normales, el peso de 100 granos y el índice de flotación.

3.3.1. Porcentaje de germinación y promedio de plántulas normales

Los resultados de los porcentajes de germinación ($P=0.008$) y el promedio de plántulas normales ($P<0.001$) muestran diferencias significativas entre el testigo (COS, PAS) y los tratamientos alternativos, los cuales lograron una mejor conservación de las semillas (véase Figura 3). El tratamiento BPHZ logró un 100% de germinación y un 96% de plántulas normales. En promedio, las tecnologías herméticas lograron un 98% de germinación y un 91.5% de

plántula normales, en comparación con el testigo, que obtuvo un 69.3% de germinación y un 46.7% de plántulas normales. Obtener resultados con porcentajes de germinación y de plántulas normales por debajo del 90% y del 80%, respectivamente, representa un problema para alcanzar la densidad de plantas deseadas en campo, ya que esto influye directamente en el incremento de la cantidad de semilla para el establecimiento del cultivo.

Los datos de las tecnologías herméticas coinciden con los de Manuel Rosas et al. (2007), quienes reportaron que el silo presentó los porcentajes más altos de germinación (el 83%) y de emergencia en cama de arena (el 85% a los 14 días). Por otro lado, en el testigo, la germinación cayó por debajo del 40% en la evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en dos localidades de los Valles Centrales de Oaxaca: San Pablo Huitzo, Etlá y Santa Ana Zegache, Ocotlán.

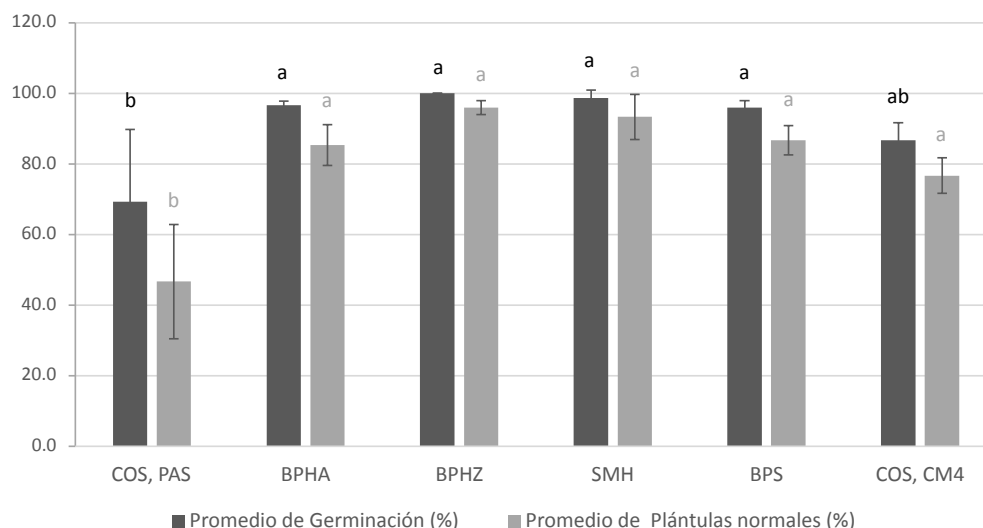


Figura 3. Porcentaje de germinación y promedio de plántulas normales de los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Villa Corzo, Chiapas, 2017. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Para abreviaciones de tratamientos, ver tabla 1.

3.3.2. Peso de 100 granos e índice de flotación

El peso de 100 granos y el índice de flotación son parámetros de la calidad física del grano, esenciales para su procesamiento. El índice de flotación se mide al contar la cantidad de granos que flotan en una solución de nitrato de sodio con una densidad específica de 1.25 gramos/ml. Este índice es un parámetro indirecto de la dureza del grano y se utiliza en México como indicador de la calidad de la nixtamalización, para la producción de tortillas. Un mayor índice de flotación en un grano corresponde a un menor rendimiento en tortillas (Odjo et al., 2022).

El peso de 100 granos varía entre 24.8 y 26.2 g. El tratamiento COS, CM4 fue el que obtuvo el peso más bajo con 24.8 g, mientras que el SMH registró el peso más alto con 26.2 g. En cuanto al índice de flotación, los tratamientos COS, PAS y COS, CM4

mostraron los resultados más altos con una gran variación, mientras que los tratamientos herméticos presentaron valores bajos y similares. Estos resultados coinciden con los reportados por Odjo et al. (2022), quienes asocian este aumento a una pérdida de densidad de los granos durante el almacenamiento no hermético. En los tratamientos con importantes daños por insectos, como el caso de COS, PAS, se puede asociar el aumento del índice de flotación a los daños internos al grano causados por larvas de insectos. Otra posible razón para este incremento del índice de flotación puede explicarse por el hecho de que el almacenamiento en contenedores no herméticos no limita la actividad del grano, que sigue respirando, lo que podría inducir reacciones químicas que alteran su dureza. En contraste, un almacenamiento hermético permite mantener o minimizar el deterioro de la calidad del grano durante el almacenamiento.



4. Conclusión y lecciones aprendidas

En Villa Corzo, Chiapas, se demostró que las tecnologías herméticas son una excelente opción para la conservación de granos, ya que lograron disminuir las pérdidas a menos del 1% en un periodo de 4 meses, en comparación con la práctica de usar las pastillas de fosforo de aluminio en combinación con el costal de polipropileno, que alcanzó una pérdida del 44%. Asimismo, las tecnologías herméticas también resultaron eficaces para evitar un aumento

del índice de flotación durante el almacenamiento. Es importante difundir estas tecnologías entre los agricultores de esta zona para reducir las mermas de granos y fortalecer su seguridad alimentaria. Una manera de promover las tecnologías herméticas y sus beneficios para la conservación de granos podría ser a través de eventos demostrativos y de la participación de compradores o agregadores de valor dentro de las cadenas de valor.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de 4 meses de almacenamiento en la plataforma de Villa Corzo, Chiapas.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	Los daños por insectos fueron del 43.7 % de daños y los daños por hongo alcanzaron el 1.7 %. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos y semillas, ya que representa un riesgo para la salud de las personas debido al manejo inadecuado que se le da.
Bolsa plástica hermética de amarre	El porcentaje de daños por insectos fue menor al 1%, mientras que el porcentaje de daños por hongos fue similar al daño inicial (el 2.6 %). Altamente recomendada para la conservación de granos, también puede emplearse para conservar semillas de maíz, con un 97 % de germinación y un 85 % de plántulas sanas. Se sugiere realizar un amarre que permita abrirlas fácilmente.
Bolsa plástica hermética con zíper	Al igual que la bolsa de amarre, el porcentaje de daños por insectos fue menor al 1 % y el porcentaje de daños por hongos fue similar al daño inicial (el 2.6 %). Altamente recomendada para la conservación de granos, también es adecuada para conservar semillas de maíz, con un 100 % de germinación y un 96 % de plántulas sanas. Es importante asegurarse de que el costal brinde el soporte adecuado para evitar que el grano ejerza demasiada presión en el cierre y este pueda llegar a abrirse.
Silo metálico hermético	El porcentaje de daños por insectos fue inferior al 1 % y los daños por hongos fueron similares al daño inicial (el 2.6 %). Se recomienda para la conservación de granos y también puede emplearse para preservar semillas de maíz (el 99 % de germinación y el 93 % de plántulas sanas). Se recomienda contar con un espacio adecuado para su instalación y evitar, en la medida de lo posible, el contacto con el agua para prevenir la corrosión (oxidación).
Bolsa plástica estándar	El porcentaje de daños por insectos fue del 3 %, y el porcentaje de daños por hongos fue similar al daño inicial (el 2.6 %). Se recomienda usar bolsas de calibre 500 y asegurarse de que estén bien selladas en la base.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	Los daños por insectos fueron del 10.6 %, y los daños por hongos fueron del 1.7 %. Se recomienda su uso como una mejor opción para el manejo de plagas en granos de maíz en comparación con la pastilla de fosforo de aluminio.



5. Referencias

- Delgado Ruiz, F., Guevara Hernández, F. y Acosta Roca, R. (2018). Criterios campesinos para la selección de maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores y Villa Corzo, Chiapas, México. *CienciaUAT* 13(1), 123–134. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.985>
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: Diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *EnIACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Manuel Rosas, I., Gil Muñoz, A., Ramírez Valverde, B., Hernández Salgado, J. H., y Bellon, M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(1), 69–78.
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A., y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Odjo, S., González Regalado, J., Vilchis Ramos, R., Castillo Villaseñor, L., Saldivia Tejeda, A., Galaviz Soto, P., Albarrán Contreras, B. y Verhulst, N., (2018). Poscosecha. Resultados 2017, in: Fonteyne, S., Verhulst, N. (Eds.), Red de Plataformas de Investigación Cimmyt. Resultados PV 2017 y OI 2017-18. Agricultura de Conservación En La Agricultura Familiar. CIMMYT, Texcoco, México, pp. 100–121.
- Odjo, S., Palacios-Rojas, N., Burgueño, J., Corrado, M., Ortner, T., y Verhulst, N. (2022). Hermetic storage technologies preserve maize seed quality and minimize grain quality loss in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 96, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101954>.
- Palafox Caballero, A., Sierra Macías, M., Espinosa Calderón, A., Rodríguez Montalvo, F., y Becerra Leor, E. N. (2008). Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus spp.*) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica. *Agronomía Mesoamericana*, 19 (1), 39–46. <https://doi.org/10.15517/am.v19i1.5020>.



Hub Escala Intermedia



Evaluación de diferentes opciones de almacenamiento de granos adaptadas a pequeños agricultores en la sierra Tarahumara, Chihuahua

Colaboradores	Manuel Aragonez Villareal, Isael Arteaga Flores
Institución	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 170, Guachochi, Chihuahua
Hub	Escala Intermedia
Municipio, Estado	Guachochi, Chihuahua
Clima	Templado (Csb)
Altitud	2400 msnm
Temperatura media anual	11.7 °C
Temperatura mínima mensual	0.1 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.1 °C (junio)
Humedad relativa mínima mensual	33 % (mayo)
Humedad relativa máxima mensual	71 % (julio, agosto)
Precipitación anual	880 mm
Año de evaluación	2018

1. Introducción

En la sierra Tarahumara, en el estado de Chihuahua, México, la agricultura desempeña un papel muy importante para la subsistencia de las comunidades rurales de la región. Los principales cultivos son el maíz y el frijol, que se producen en condiciones de secano. Debido a que se trata de una región montañosa, la producción de granos enfrenta desafíos importantes, como la erosión, la baja fertilidad de los suelos y los efectos nocivos del cambio climático, lo que contribuye a una baja productividad (Rudow, 2011).

Los agricultores tarahumaras almacenan generalmente sus mazorcas de maíz en trojes (Figura 1). Durante la poscosecha, los granos pueden ser atacados por diversas plagas, las principales en México son por el gorgojo (*Sitophilus zeamais*), el barrenador (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*), las cuales pueden ocasionar daños significativos durante el almacenamiento (García-Lara y Bergvinson, 2007). Sin embargo,

existen pocos datos sobre el sistema poscosecha de los pequeños agricultores en esta zona, así como sobre las prácticas de almacenamiento y los daños asociados.

En 2017, el CIMMYT implementó en Guachochi, Chihuahua, un diagnóstico en colaboración con los agricultores, extensionistas y otros actores de las zonas para identificar los retos que enfrentan durante la producción de maíz y formular preguntas de investigación sobre prácticas sustentables que permitan mejorar la productividad del maíz y el bienestar de los agricultores. La poscosecha, incluso la falta de alternativas durante el almacenamiento, fue uno de los temas de interés identificado por los actores clave. Por esta razón, se implementó una plataforma poscosecha en 2018 con el objetivo de evaluar tecnologías de almacenamiento adaptadas a agricultores de autoconsumo y con potencial productivo de la zona, para disminuir la pérdida de cantidad y calidad de granos básicos.



Figura 1. Ejemplo de estructura de almacenamiento usada en la Sierra Tarahumara de Chihuahua, el 09 de febrero de 2017.

2. Materiales y métodos

Se instaló la plataforma poscosecha en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 170, Guachochi, Chihuahua, a 2400 msnm. Se evaluaron 6 tratamientos, los cuales se describen en la Tabla 1. Las tecnologías de almacenamiento evaluadas fueron:

1. Dos tratamientos convencionales: el costal de polipropileno con maíz en mazorca (COS, MAZ) y el costal de polipropileno con maíz desgranado (COS).
2. Dos tecnologías herméticas: el silo metálico hermético (SMH) y la bolsa plástica hermética, zipper (BPHZ).
3. Dos tratamientos alternativos: el cajón de madera (CAM) y el garrafón de PET (GPET).

La instalación y el llenado de los recipientes correspondientes a los tratamientos se llevaron a cabo el día 18 de enero de 2018 y la apertura (levantamiento) se realizó el 22 de noviembre de 2018. El grano de maíz permaneció almacenado por un periodo de 11 meses.

Tabla 1. Tecnologías de almacenamiento de maíz evaluadas en la plataforma de Guachochi, Chihuahua en 2018.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Cantidad de granos almacenados (kg)	Tiempo de almacenamiento (meses)
Tecnologías convencionales	COS, MAZ	Costal de polipropileno con mazorcas de maíz	Ninguno	25	11
	COS	Costal de polipropileno con maíz desgranado	Ninguno	20	11



Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	20	11
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	20	11
Tecnologías alternativas	CAM	Cajón de madera	Ninguno	15	11
	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	19	11

El lugar de instalación fue un almacén de muebles de la escuela preparatoria, que no tenía algunos vidrios en las paredes este-oeste. Además, contaba con puertas sin vidrios en la parte norte y tenía piso de cemento, y el techo de lámina galvanizada. El almacén estaba ubicado en un interior donde no recibía rayos solares a ninguna hora del día, y estaba protegida de la lluvia y de la vegetación silvestre, donde se mantenía podado el zacate nativo. Durante los seguimientos mensuales, se pudo observar excrementos de roedores y de gatos en el área.

El grano de maíz que se usó en la plataforma fue un criollo blanco, comúnmente usado en la zona. Antes del ensayo, el grano se acondicionó al seguir la regla de oro del almacenamiento. Antes y después del almacenamiento, se tomaron 3 muestras representativas de 500 g por tratamiento y se cuantificaron los porcentajes de los principales daños (insectos, hongos, roedores) y también la presencia de los principales insectos plagas. Para el maíz en mazorcas, se seleccionaron muestras de mazorcas de forma aleatoria, que se desgranaron a mano. Luego se seleccionó una muestra representativa de 500 g para la evaluación de daños.

3. Resultados y discusión

Los principales daños después del almacenamiento fueron ocasionados por insectos y por hongos. El porcentaje de daños por insectos fue significativamente diferente en los recipientes evaluados en 2018 ($P < 0.001$). Los daños fueron muy elevados en las tecnologías convencionales, principalmente en el maíz almacenado en mazorcas dentro de costales de polipropileno, que presentó un 94.4% de daños por insectos (Figura 2 Y 3). El almacenamiento de maíz desgranado en costales de polipropileno tuvo menos daños, pero aun así alcanzó un 28.9%. En el cajón de madera, los daños por insectos registra-

dos fueron del 7.7%. Las demás tecnologías (SMH, BPHZ, GPET) tuvieron muy pocos daños, con un porcentaje inferior al 1%. Estos resultados mostraron que las tecnologías herméticas y las tecnologías herméticas alternativas fueron muy efectivas para minimizar los daños por insectos durante el almacenamiento. Estos datos son similares a los observados en otras partes de México (Odjo *et al.*, 2020). Al agotar el oxígeno en su interior, estas tecnologías son muy efectivas para eliminar las actividades de los insectos, que mueren por desecación (Murdock *et al.*, 2012)

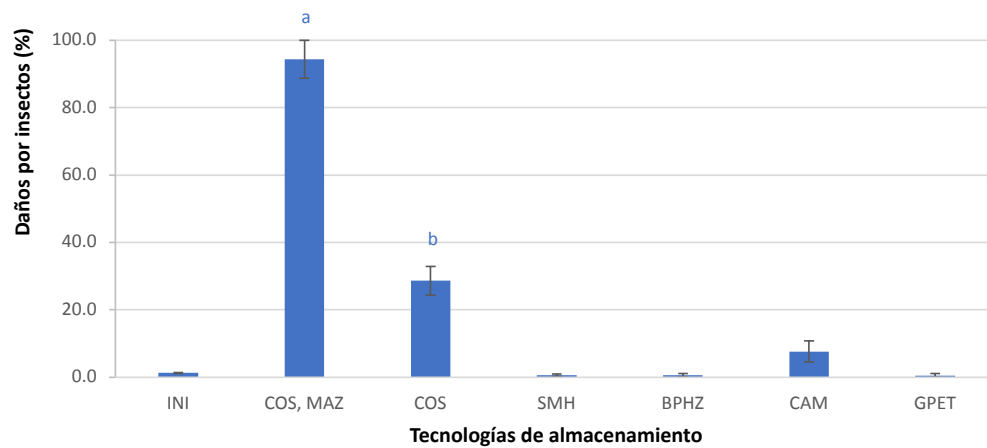


Figura 2. Daños por insectos en granos de maíz en la plataforma poscosecha de Guachochi, Chihuahua. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

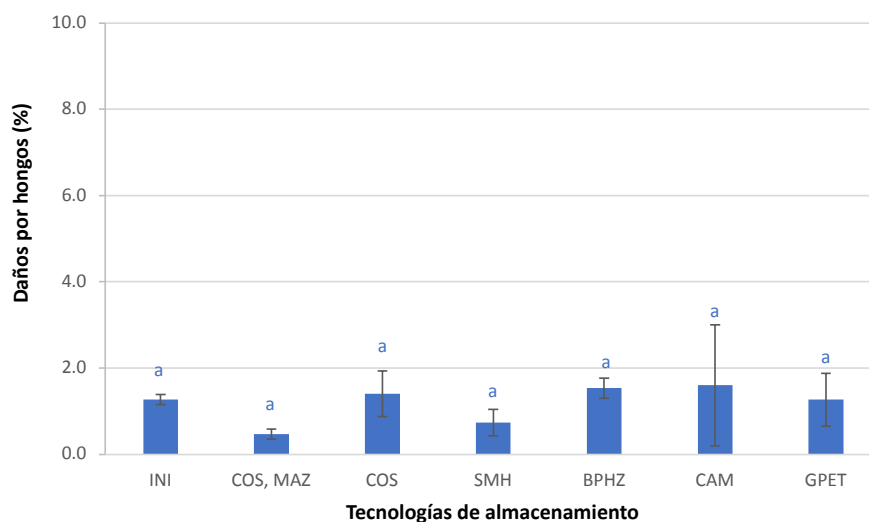


Figura 3. Daño causado por larvas de la palomilla dorada en el tratamiento costal de polipropileno con maíz en mazorca, 22 de noviembre de 2018, plataforma poscosecha de Guachochi, Chihuahua.



Los daños por hongos en los recipientes evaluados fueron bajos (menor al 2%), similares entre sí y comparables a los niveles de daños iniciales ($P=0.301$) (véase Figura 4). Estos datos indican que se limitó el desarrollo de los hongos durante

el almacenamiento, lo que puede explicarse por la humedad del grano al inicio del ensayo (el 9.2%), el bajo porcentaje de daños iniciales y las condiciones atmosféricas, ya que la plataforma se estableció en una zona con clima templado.



■ **Figura 3.** Daños por hongos en granos de maíz en la plataforma poscosecha de Guachochi, Chihuahua. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

En cuanto a la presencia de insectos, se encontraron solo especies muertas (palomillas y barrenadores), esto debido a que se presentaron heladas antes de la apertura de los recipientes. El número de insectos y palomillas fue casi nulo en los tratamientos herméticos (ver Tabla 2). En cambio, se observó la presencia de un promedio de 152 palomillas muertas por muestra de 500 g en el costal de polipropileno con maíz desgranado. En el tratamiento con costal de polipropileno con maíz en mazorca, se encontró un promedio de 11 palomillas por muestra. Esto podría deberse a que solo se contabilizaron las palomillas que quedaron muertas sobre la mazorca, ya que la mayoría de las palomillas doradas se encontraban en el fondo del costal y no adheridas a la mazorca. Respecto al barrenador, su presencia solo se

reportó en el costal de polipropileno con maíz desgranado y en el cajón de madera, con un promedio de dos insectos por muestra en ambos casos. No se observó presencia de gorgojos, lo que sugiere que la palomilla dorada es la principal plaga en esta zona. Esto podría explicarse también por el hecho de que las mazorcas estaban más dañadas por las larvas de la palomilla y se limitaban a las primeras capas de una masa de granos. Se ha reportado que la palomilla dorada se encuentra generalmente en altitudes más altas y en climas fríos, ya que tiene la capacidad de reproducirse y causar daños en temperaturas inferiores a 20 °C (Throne y Weaver, 2013), por lo que es importante limitar su desarrollo y actividad durante el almacenamiento.



■ **Tabla 2.** Presencia de insectos muertos en muestras de 500 g tomadas al levantamiento de la plataforma poscosecha de Guachochi, Chihuahua.

Tratamientos	Insectos muertos		
	Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	Barrenador grande de los granos (<i>Prostephanus truncatus</i>)	Palomilla dorada del maíz (<i>Sitotroga cerealella</i>)
Costal de polipropileno con mazorcas de maíz (COS, MAZ)	0	0	10.7±2.52
Costal de polipropileno con maíz desgranado (COS)	0	2.3±4.04	152.3±37.00
Silo metálico hermético (SMH)	0	0	0
Bolsa plástica hermética con zíper (BPHZ)	0	0	0.3±0.58
Cajón de madera (CAM)	0	2.3±4.04	0.7±1.15
Garrafón de PET (GPET)	0	0	0

4. Conclusión y lecciones aprendidas

Los resultados de esta plataforma mostraron que las tecnologías herméticas son una mejor opción para el almacenamiento de maíz en la sierra Tarahumara de Chihuahua. Es importante difundir esta información entre las y los agricultores y las

y los actores clave en la zona para contribuir a la minimización de las pérdidas poscosecha y fortalecer la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores de la zona.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de 11 meses de de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Guachochi, Chihuahua

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno con mazorcas de maíz	El 94.4% de daños por insectos y el 5.0% de daños por hongos. No se recomienda su uso para el manejo de plagas en granos almacenados.
Costal de polipropileno con maíz desgranado	El 28.7% de daños por insectos y el 1.4% de daños por hongos. Aunque el almacenamiento de maíz en forma desgranada es una mejor opción que en mazorcas, no se recomienda ya que no permite tener un buen control de plagas de almacén.
Silo metálico hermético	El 0.6% de daños por insectos y el 0.7% de daños por hongos. Se recomienda su uso ya que permite reducir los daños por insectos a menos del 1%, también el daño por hongos se mantuvo similar al daño inicial.
Bolsa plástica hermética con zíper	El 0.7% de daños por insectos y el 1.5% de daños por hongos. Al igual que el silo metálico hermético, se recomienda su uso ya que permite reducir los daños por insectos a menos del 1%, también el daño por hongos se mantuvo similar al daño inicial.



Cajón de madera	El 7.7 % de daños por insectos y el 1.3 % de daños por hongos. Aunque los daños fueron menos en comparación al costal de polipropileno, no se recomienda su uso ya que los daños siguen siendo altos.
Garrafón de PET	El 0.5 % de daños por insectos y el 1.3 % de daños por hongos. Se recomienda su uso ya que permite reducir los daños por insectos a menos del 1 %, también el daño por hongos se mantuvo similar al daño inicial. Es una buena opción de bajo costo que se podría usar para el almacenamiento de granos y semillas.

5. Referencias

- García-Lara, S. y Bergvinson, D. J. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica En México*, 33, 181–189.
- Murdock, L. L., Margam, V., Baoua, I., Balfe, S. y Shade, R. E. (2012). Death by desiccation: Effects of hermetic storage on cowpea bruchids. *Journal of Stored Products Research*, 49, 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.01.002>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *J. Stored Prod. Res.* 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Rudow, J. M. (2011). *The Transformation of Tarahumara Agriculture in Chihuahua, Mexico* [The University of Texas at Austin]. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/ETD-UT-2011-05-3251>
- Throne, J. E. y Weaver, D. K. (2013). Impact of temperature and relative humidity on life history parameters of adult *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Stored Products Research*, 55, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.10.003>



Hub Golfo Centro



Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha de maíz en Tihuatlán, Veracruz

Colaboradores	Alfredo Flores González y Noé Hernández Cruz
Institución	Citricultores Tihuatecos Asociados S.C. de R.L. de C.V.
Hub	Golfo Centro
Municipio, Estado	Tihuatlán, Veracruz
Clima	Tropical (Am)
Altitud	75 msnm
Temperatura media anual	23.6 °C
Temperatura mínima mensual	15.5 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	31.2 °C (mayo)
Humedad relativa mínima mensual	78 % (abril)
Humedad relativa máxima mensual	84 % (julio, septiembre)
Precipitación anual	1382 mm
Años de evaluación	2019, 2020, 2021 y 2022

1. Introducción

La plataforma poscosecha de Tihuatlán, Veracruz, se ubica en la región Huasteca Veracruzana, en el sureste del estado, donde la agricultura representa el 75 % del paisaje. Los principales cultivos sembrados son naranja (el 70.1 %), maíz (el 17.8 %) y mandarina (el 6.5 %) (SIAP, 2020). El maíz se usa principalmente para el autoconsumo y es la base de la alimentación de la población indígena de la región —totonacos (el 60 %), nahuas (el 27 %), otomíes (el 11 %) y otros (el 2 %)— (INEGI, 2020). Además del aprovechamiento del grano, se vende el totomoxtle del maíz (precio aproximado de \$20 MXN/kg de hoja) para la elaboración de tamales, lo cual representa ingresos extra para las familias (Ramos, 2018).

La producción de maíz —variedades nativas y mejoradas— se hace principalmente en pequeñas superficies durante las temporadas de primavera-verano y otoño-invierno bajo temporal.

Se siembra en suelos regosoles y vertisoles, ricos en materia orgánica (el 9.5 %) y nutrientes. El rendi-

miento promedio es bajo (1.3 t/ha) debido al ataque de plagas, enfermedades, canícula acentuada en etapas críticas del desarrollo del cultivo, inundaciones y acame de plantas (Ramos, 2018; SIAP, 2020).

La cosecha de maíz se realiza de forma manual y se efectúa cuando los granos están lo suficientemente secos para ser almacenados. Dada la alta humedad relativa de la región, el secado en campo lleva mucho tiempo, lo que deja expuestos a los granos a lluvias y altas temperaturas, que favorecen el desarrollo de plagas. El maíz se almacena principalmente en mazorca con la hoja y el grano en costales de polipropileno. Durante este periodo, los gorgojos son el principal problema (Harrington *et al.*, 1983), causando pérdidas de hasta el 40 %, típicas de la infraestructura de almacenamiento convencional en las regiones tropicales de baja altitud (Odjo *et al.*, 2020).

La baja producción y las pérdidas poscosecha de maíz provocan un déficit de granos para el autoconsumo y para alimentar a los animales entre los



meses de septiembre y octubre, lo que obliga a las familias a comprar maíz. De acuerdo con las estimaciones de Bada-Carbajal et al. (2021) y Ramos (2018), los agricultores compran en promedio 690 kg a precios más altos respecto a la venta (precio de compra \$5-6 MXN/kg de grano y venta \$2.50 MXN/kg de grano).

Con base a las principales problemáticas poscosecha, se estableció una plataforma con el objetivo de evaluar prácticas y tecnologías de almacenamiento que ayuden a preservar la calidad y cantidad de los granos, que favorecen la disponibilidad de alimentos para las familias de la región Huasteca Veracruzana.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha de Tihuatlán, Veracruz, se estableció en la bodega de la Asociación de Citricultores Tihuatecos. El grano usado fue el maíz nativo blanco del ciclo productivo de otoño-invierno, sembrado entre octubre y noviembre. El manejo poscosecha se realizó de forma tradicional, de acuerdo con las prácticas de los agricultores de la región. La cosecha, hecha manualmente del 1 al 15 de abril, consistió en recolectar las mazorcas con hoja (totomoxtle) y colocarlas en costales para su traslado al hogar. El deshoje y desgrane se realizó manualmente para luego poner a secar el grano. El secado comenzó en el campo con la dobla de las plantas de maíz un mes antes de la cosecha. Después de la cosecha, los granos se expusieron a la intemperie sobre una lona en un patio. El día de la instalación de la plataforma, la humedad del grano fue del 11 % y la temperatura de 33 °C.

La plataforma se instaló en una bodega con techo, piso y paredes de cemento. Los recipientes se colocaron sobre tarimas de madera a una altura de 32 cm del piso y una distancia de 15 cm entre ellos (véase Figura 1).

Se evaluaron 3 grupos de tecnologías de almacenamiento:

1. Convencionales: incluyen el uso de costal de polipropileno.
2. Herméticas: silo metálico hermético, bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro), bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro), bolsa plástica hermética PICS, y como tecnología hermética alternativa, botella de PET y tambo plástico.



■ **Figura 1.** Plataforma poscosecha Tihuatlán, Veracruz, vista panorámica del día de la instalación en Tihuatlán, Veracruz el 12 de julio de 2022.



3. Polvos inertes a diferentes dosis: cal micronizada (4 g y 6 g por kg de grano), tierra de diatomeas (1 g, 2 g y 4 g por kg de grano) y cal estándar (4 g/kg de grano).

Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones, como se indica en la Tabla 1. El periodo de almacenamiento

fue de 6 meses, y en 2019 se incluyó otra evaluación a los 9 meses. Se hicieron visitas de seguimiento mensuales para monitorear el estado de las tecnologías de almacenamiento evaluadas. Se colectaron muestras tanto en la instalación como en el levantamiento para medir el nivel de daños (ver la Introducción para más detalles).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma de Tihuatlán, Veracruz.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en años de evaluación				
				2019 a1	2019 b1	2020	2021	2022
Tecnología convencional	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	6	9	6	6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	9	6	6	-
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	Ninguno	6	9	6	-	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Ninguno	-	-	-	6	-
	PICS	Bolsa plástica hermética PICS	Ninguno	-	-	-	-	6
	BPET	Botella de PET	Ninguno	-	-	-	6	-
Tecnologías herméticas alternativas	TP	Tambo plástico	Ninguno	6	9	6	6	-
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (Ca(OH) ₂ , 95%) (4 g/kg de grano)	6	9	-	-	6
Polvos inertes	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (Ca(OH) ₂ , 95%) (6 g/kg de grano)	6	9	-	-	-
	COS, TD1	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95%) (1 g/kg de grano)	-	-	6	6	-
	COS, TD2	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95%) (2 g/kg de grano)	-	-	6	-	-
	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95%) (4 g/kg de grano)	-	-	6	-	6
	COS, CE	Costal de polipropileno	Cal estándar (Ca(OH) ₂ , 100%) (4 g/kg de grano)	-	-	-	-	6



3. Resultados

Después de 4 ciclos de almacenamiento, los principales daños observados fueron por insectos —principalmente gorgojos— y hongos. Durante el periodo de almacenamiento se observaron aves, pero ningún tratamiento se vio afectado.

3.1 Daños por insectos

Con el costal de polipropileno —tecnología convencional— las pérdidas poscosecha causadas por insectos fueron elevadas en la mayoría de los ciclos de evaluación —2019, 6 meses: el 41.7%; 2019, 9 meses: el 85.6%; 2020: el 3.7%; 2021: el 63.1%; y 2022: el 37.6%— (véanse Figuras 2 y 3). Esto refleja las grandes pérdidas durante el almacenamiento de granos básicos en los sistemas convencionales utilizados por los agricultores del país, que se acentúan en condiciones tropicales (González-Regalado *et al.*, 2017; Odjo *et al.*, 2020). Por lo tanto, es necesario la promoción de prácticas y tecnologías que contribuyan a conservar la cantidad y calidad de los granos destinados al autoconsumo y la venta de excedentes de las pequeñas familias productoras en la región.

En 2019, los daños por insectos variaron significativamente entre los tratamientos, tanto a los 6 meses ($P<0.001$), como a los 9 meses ($P<0.001$). La cal micronizada, con 4 g/kg y 6 g/kg de grano, tuvieron daños del 1.6% y del 0.9% en 2019 con 6 meses de evaluación, y del 1.3% y del 1.8% en 2019 con 9 meses. En 2022, la cal micronizada con 4 g/kg mostró un 6.2% de daños, y cal estándar un 5.4%, ambos más altos que tecnologías herméticas (Figura 2).

De igual manera, en 2020, 2021 y 2022, los daños por insectos difirieron significativamente entre los tratamientos ($P<0.001$ para los 3 años). La tierra de diatomeas, con 1 g/kg, 2 g/kg y 4 g/kg de grano, presentó daños por insectos del 4.0%, el 4.3% y el

4.7%, respectivamente, en 2020, lo que indica que no hay una tendencia clara de que una dosis mayor tenga mejor efecto para controlar los daños por insectos. La tierra de diatomeas con 1 g/kg tuvo un 4.5% en 2021, y con 4 g/kg tuvo un 10.9% en 2022 (Figura 2). Las tierras de diatomeas no mostraron ser muy eficaces para controlar los daños por insectos en comparación con soluciones herméticas, cal micronizada o cal estándar.

Los polvos inertes fueron más efectivos que la tecnología convencional para controlar los daños por insectos, pero no fueron consistentes durante los ciclos de evaluación. Esto puede explicarse porque la efectividad de los polvos inertes disminuye con el aumento de la humedad relativa de la región, debido a la reducción de la transpiración a través de la cutícula, lo que retarda la desecación y muerte de los insectos (Mewis y Ulrichs, 2001).

Las tecnologías herméticas fueron efectivas para controlar los daños por insectos: el silo metálico hermético registró daños del 0.7% al 4.1%, la bolsa plástica hermética de amarre entre el 0.0% y el 1.8%, la bolsa plástica hermética con zíper del 2.6%, la bolsa plástica PICS del 0.4% (véase Figura 2). Por tal motivo, son soluciones recomendadas para la región (Odjo *et al.*, 2020).

Los daños por insectos en el tambo plástico fueron bajos en 2019 a 6 meses (el 0.8%) y 9 meses (el 1.0%), y en 2020 (el 2.0%), pero fueron altos en 2021 (el 9.2%). La botella de PET tuvo un 4.3% de daño en 2021 (véase Figura 4). Las tecnologías herméticas alternativas son soluciones asequibles, pero fueron poco consistentes para controlar los daños por insectos, debido a que se requiere un mayor esfuerzo de acondicionamiento de granos —guardar grano sano, limpio, seco y fresco— antes de su uso para el almacenamiento (Odjo *et al.*, 2020).

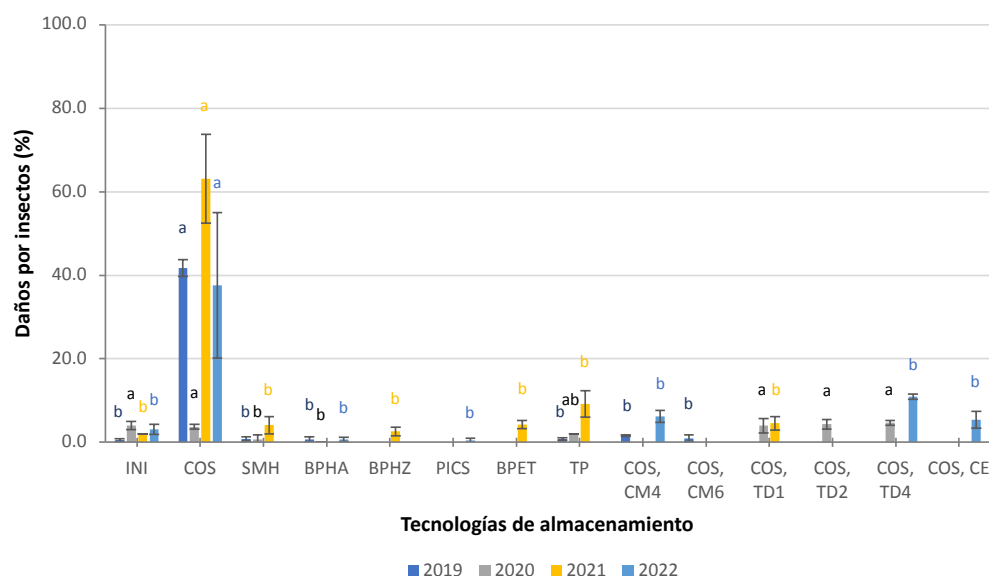


Figura 2. Daños por insectos después de 6 meses de almacenamiento, de 2019 a 2022, en la plataforma de poscosecha Tihuatlán, Veracruz. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

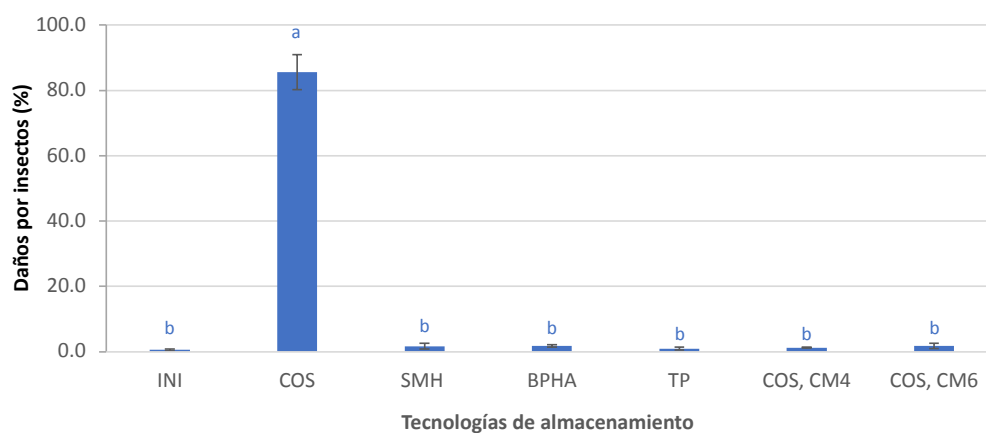


Figura 3. Daños por insectos después de nueve meses de almacenamiento en 2019 en la plataforma de poscosecha Tihuatlán, Veracruz. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2 Daños por hongos

Los daños por hongos fueron altos durante el periodo de almacenamiento y, en general, las tecnologías alternativas (especialmente la cal micronizada) fueron menos o igual de eficientes que la tecnología convencional para controlar estos daños. Esto se debió a que, en condiciones de trópico húmedo, las lluvias previas a la cosecha y la alta humedad relativa del ambiente favorecen el desarrollo de hongos y dificultan reducir y mantener la humedad de los granos por debajo del 13% antes del almacenamiento. Por lo tanto, es necesario evaluar métodos de secado de bajo costo que ayuden alcanzar niveles seguros de humedad para el almacenamiento.

El costal de polipropileno en general presentó el menor daño por hongos en la mayoría de los ciclos de evaluación: en 2020 el 4.6%, en 2021 el 4.8% y en 2022 el 0.1%. En el primer año de evaluación, debido a las condiciones de alta humedad relativa, fue difícil reducir la humedad de los granos por debajo del 13%, lo que favoreció el desarrollo de daños por hongos en 2019, con un 20.3% (véase Figura 4). Los daños de ese año difirieron significativamente entre tratamientos ($P < 0.001$). Los mayores daños se observaron en la práctica convencional (COS) y en la cal micronizada (COS, CM4 y COS, CM6), que registraron daños significativamente mayores a los niveles iniciales. En el contexto del trópico húmedo, la cal micronizada no fue efectiva para controlar los daños por hongos. La cal micronizada con 4 g/kg y 6 g/kg de grano tuvieron daños del 14.7% y del 14.1% en 2019, y la cal micronizada con 4 g/kg tuvo un 1.5% en 2022 (véase Figura 2).

En 2019, a los 9 meses, las tecnologías herméticas mantuvieron los daños por hongos (menor al 7%). Sin embargo, estos no difirieron significativamente ($P = 0.296$) (véase Figura 5) de los altos daños registrados en los tratamientos con cal micronizada (COS, CM4 y COS, CM6) dado a la alta variación de estos. Esto, además de sugerir que la efectividad de la cal micronizada depende del tiempo de almacenamiento, indica que su efecto en los hongos no

es totalmente claro. La cal estándar solo se evaluó en 2022, y los daños por hongos fueron del 1.9%, el valor más alto de este ciclo de almacenamiento.

En 2020, las tecnologías mostraron diferentes niveles de daños por hongos ($P < 0.001$). Las tierras de diatomeas no presentaron una tendencia clara para controlar los daños por hongos. La tierra de diatomeas con 1 g/kg, 2 g/kg y 4 g/kg de grano tuvieron daños del 3.0%, del 1.7% y del 3.7% respectivamente. La tierra de diatomeas con 1 g/kg tuvo un 12.7% en 2021 y con 4 g/kg tuvo un 0.0% en 2022 (véase Figura 4). En 2021, los daños por hongos de las tecnologías variaron significativamente ($P < 0.001$). En 2022, también hubo diferencia entre los daños por hongos de las tecnologías ($P = 0.002$).

Las pérdidas causadas por hongos con el uso de polvos inertes en el contexto del trópico húmedo son elevadas —cal micronizada— o no muy claras —como con la tierra de diatomeas—. Parece que el tiempo de exposición y factores ambientales, como la alta temperatura y la humedad relativa, podrían afectar la eficacia para reducir las pérdidas por hongos y el desarrollo de micotoxinas, en comparación con condiciones de clima templado (Odjo *et al.*, 2020). Por ello, para el uso de tierras de diatomeas se requiere más tiempo de investigación con el fin de entender el efecto de las dosis y los tiempos óptimos de eficacia para el control de plagas.

Las tecnologías herméticas mostraron resultados intermedios y estables para el control de daños por hongos. El silo metálico hermético tuvo daños entre el 2.0% y el 7.1%, la bolsa plástica hermética de amarre entre el 0.8% y el 7.3%, la bolsa plástica hermética con zíper el 6.5%, la bolsa plástica PICS el 1.6% (véase Figura 4). Las tecnologías herméticas alternativas no fueron muy efectivas para controlar los daños por hongos; la botella de PET tuvo un 7.2% y el tambo plástico entre el 5.0% al 23.8% (véase Figura 4).

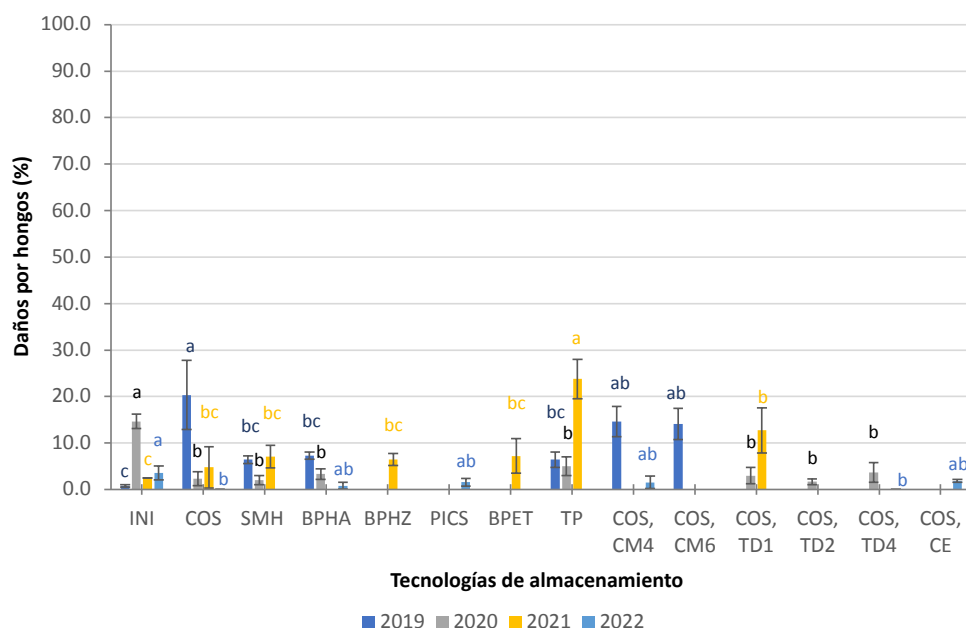


Figura 4. Daños por hongos después de 6 meses de almacenamiento, de 2019 a 2022, en la plataforma de poscosecha Tihuatlán, Veracruz. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

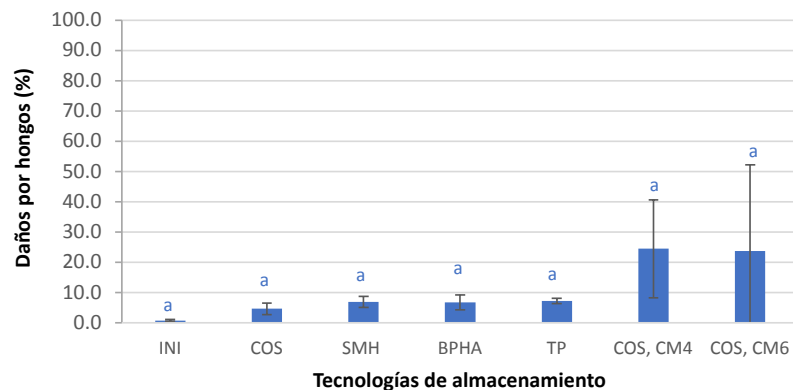


Figura 5. Daños por hongos después de nueve meses de almacenamiento en 2019, en la plataforma de poscosecha Tihuatlán, Veracruz. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Tihuatlán, Veracruz, evaluó diferentes alternativas de almacenamiento de granos de maíz nativo para minimizar las pérdi-

das poscosecha en condiciones de trópico húmedo y mejorar la disponibilidad de alimentos.

■ **Tabla 1.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis y nueve meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Tihuatlán, Veracruz.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	Del 4% al 85.6% de daños por insectos y del 2.3% al 20.3% de daños por hongos. No efectiva y no se recomienda su uso
Silo metálico hermético	Del 0.7% al 4.1% de daños por insectos y del 4.5% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso.
Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	Del 0.7% al 1.8% de daños por insectos y del 4.5% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Del 2.5% de daños por insectos y del 6.5% de daños por hongos. Efectiva y se recomienda su uso.
Bolsa plástica hermética PICS	Del 0.5% de daños por insectos y del 2% de daño por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso.
Botella de PET	Del 4.2% de daños por insectos y del 7.2% de daños por hongos. Efectiva y se recomienda su uso si no se cuenta con tecnologías herméticas; es necesario aplicar la regla de oro del almacenamiento para asegurar su funcionamiento.
Tambo plástico	Del 0.8% al 9.2% de daños por insectos y del 5% al 23.8% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	Del 1.3% al 6.2% de daños por insectos y del 1.5% al 24.5% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg de grano)	Del 0.9% al 1.8% de daños por insectos y del 14.1% al 23.7% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso por el incremento en los costos de almacenamiento.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (1 g/kg de grano)	Del 4.0% al 4.5% de daños por insectos y del 3.0% al 12.7% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (2 g/kg de grano)	Del 4.3% de daños por insectos y del 1.7% de daños por hongos. Se requiere mayor investigación para tener más datos sobre la eficacia de esta tecnología en las condiciones de Tihuatlán, Veracruz.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	Del 4.7% al 10.9% de daños por insectos y del 3.7% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso por el incremento en los costos de almacenamiento. Se requiere mayor investigación para tener más datos sobre la eficacia de esta tecnología en las condiciones de Tihuatlán, Veracruz.
Costal de polipropileno con cal estándar (4 g/kg de grano)	Del 5.4% de daños por insectos y del 2% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso. Se requiere mayor investigación para tener más datos sobre la eficacia de esta tecnología en las condiciones de Tihuatlán, Veracruz.



5. Referencias

- Ramos Del Angel, A. (2018). *Aportación de prácticas de agricultura orgánica a productores de maíz y cítricos en el municipio de Cazones de Herrera, Veracruz*. [Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional de la Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/52621>
- Bada-Carbajal, L. M., Osorio-Antonia, J. y Ramírez-Hernández, Z. (2021). Evolución de la producción del maíz en Veracruz, México. *Investigación Administrativa*, 50(128), 1–16. <https://doi.org/10.35426/IAV50N128.07>
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: Diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *EnlACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Harrington, L. W., Alam, Q., Arap Rop, I., Basa, I., Rodvinij, P. y Tulachan, P. (1983). *Maíz en el norte del Estado de Veracruz: prácticas del agricultor y oportunidades de investigación*. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/716>
- INEGI (2020). Censo Población y Vivienda 2020. URL <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> (accessed 28.10.23)
- Mewis, I. y Ulrichs, C. (2001). Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*, 37(2), 153–164. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- SIAP, 2020. Avance de Siembras y Cosechas Resumen por estado. SIAP. URL http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do (accessed 28.10.23)



Hub Pacífico Centro



Promoción de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha en Tlaltizapán de Zapata, Morelos

Colaboradores	Yaraset Rita Gutiérrez y Eliud Pérez
Institución	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Hub	Pacífico Centro
Municipio, Estado	Tlaltizapán de Zapata, Morelos
Clima	Tropical (Aw)
Altitud	950 msnm
Temperatura media anual	22.6 °C
Temperatura mínima mensual	12.5 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	33.5 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	29 % (abril)
Humedad relativa máxima mensual	72 % (septiembre)
Precipitación anual	1150 mm
Años de evaluación	2019, 2020 y 2021

1. Introducción

La plataforma poscosecha de Tlaltizapán de Zapata se localiza en la estación del CIMMYT en el estado de Morelos. La actividad agrícola y pecuaria representan un porcentaje importante del territorio (el 73.4%). En la zona, la agricultura se practica tanto en condiciones de temporal como de riego; la primera se realiza principalmente sobre suelos de roca caliza, mientras que la agricultura de riego se lleva a cabo en planicies aluviales (SEDESOL, 2011). El maíz se cultiva en el 62% de la superficie destinada a la siembra, y se obtienen rendimientos entre 1.6 t/ha a 6.0 t/ha (SIAP, 2020). Esta producción es principalmente para el autoconsumo y alimento para animales, así como la venta parcial al mercado local. Los principales retos que enfrentan los agricultores durante la producción se atribuyen a siniestros climáticos, dificultades para acceder a créditos, altos costos de producción, falta de asistencia técnica y pérdida de fertilidad del suelo.

Las prácticas poscosecha en Morelos se caracterizan por realizar un pre-secado en campo y el

secado en casa. Algunos problemas identificados incluyen la pudrición de grano causada por lluvias atípicas y mazorcas con daños por aves y roedores. El tiempo de almacenamiento varía entre los siete y ocho meses. El grano se guarda principalmente en tambos de plástico o metal, así como en costales de polipropileno y cuexcomates, que son estructuras tradicionales de almacenamiento (véase Figura 1). Los agricultores utilizan pastillas de fosforo de aluminio como tratamiento químico para el control de insectos plaga, principalmente gorgojo (*Sitophilus zeamais*) y palomilla (*Sitotroga cerealella*) (González-Regalado et al., 2017).

La plataforma poscosecha de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, se estableció de 2019 a 2021. Durante los primeros dos años, se evaluaron diferentes alternativas de almacenamiento para minimizar el uso del control químico de plagas y validar diferentes tecnologías herméticas y polvos inertes en condiciones de trópicos secos. En 2021, se instaló un ensayo para evaluar la resistencia de diferentes bolsas



plásticas herméticas encontradas en el mercado y valorar la eficiencia de su uso y el estado de daño

del recipiente después de 4 periodos de almacenamiento.



■ **Figura 1.** Tipos convencionales y tradicionales de almacenamiento en torno a la plataforma poscosecha Tlaltizapán de Zapata, Morelos. (A) El productor Benigno Olivares muestra la forma tradicional de guardar su maíz en tambos de metal, en Cuentepec Temixco estado de Morelos el 02 de mayo del 2016. (B) Un cuexcomate, granero de origen mesoamericano de barro, piedra y paja para conservar granos de maíz, en Yecapixtla Morelos el 13 de abril del 2016.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se estableció en los años 2019, 2020 y 2021. El grano utilizado fue maíz híbrido: Antílope en el 2019, ProsaSol 1404Q en 2020 y Zapata 10 en 2021. La siembra se realizó entre el 15 al 20 de junio, y la cosecha se llevó a cabo entre el 15 de noviembre al 28 de diciembre; en el primer año de forma manual, mientras que en el segundo y tercer año se utilizó una cosechadora mecánica Humil 380. El secado del grano se efectuó previamente en planta, y, después de la cosecha, se colocó en un patio con piso de cemento al aire libre, y diariamente se movió para que el secado fuera uniforme. Durante la noche y antes de cada lluvia, se cubría con una lona. El desgrane se realizó de forma manual y mecanizada cuando se cosechó con maquinaria. Antes de almacenar el grano, este se pasó por una criba para retirar los granos quebrado y dañados por hongos e insectos (véase Figura 2A).

Durante el periodo de almacenamiento, se hicieron visitas de seguimiento técnico para monitorear el estado de los recipientes evaluados (véase Figura 2B). Se recolectaron muestras tanto en la instalación como al levantamiento del ensayo para medir

el nivel de daños (deterioro físico como agujeros, grietas y decoloración) en los granos (véase Figura 2C). Estos daños se identificaron mediante la observación y se reportaron como el porcentaje de granos dañados en una muestra (Boxall, 2002).

El grano de maíz almacenado presentaba una humedad promedio del 10.6% y una temperatura de 26.1°C el día de la instalación de la plataforma. Se evaluaron cuatro grupos de tecnologías de almacenamiento:

1. Convencionales: incluyeron el uso de costal de polipropileno con control y sin control químico, y tambo metálico con pastilla de fosforo de aluminio.
2. Herméticas: se usaron silo metálico hermético, bolsa plástica hermética con zíper y garrafón de PET como tecnología hermética alternativa.
3. Polvos inertes a diferentes dosis: cal micro-nizada (4 g/kg y 6 g/kg de grano) y tierra de diatomeas (2, 4 y 6 g/kg de grano).
4. Polvo vegetal: epazote (*Dysphania ambrosioides*), a razón de 20 g/kg de grano (ver Tabla 1).



Figura 2. Actividades de implementación y seguimiento en la plataforma poscosecha:
(A) Un grupo de técnicos realizan limpieza del grano el 07 de febrero de 2020 durante instalación de la plataforma poscosecha de Tlaltizapán de Zapata, Morelos.
(B) Técnicos en revisión de recipientes y limpieza de la plataforma durante la visita de seguimiento técnico, en Tlaltizapán de Zapata, Morelos, el 04 de abril de 2019.
(C) Un grupo de técnicos realizan la caracterización de daños durante el levantamiento de la plataforma Tlaltizapán de Zapata, Morelos, el 21 de agosto de 2019.

Tabla 1. Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma de Tlaltizapán de Zapata, Morelos.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en años de evaluación		
				2019	2020	2021
Tecnologías Convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosfuro de aluminio (1 pastilla/40 kg de grano)	6	-	-
	TM, PAS	Tambo metálico	Fosfuro de aluminio (1 pastilla/180 kg de grano)	6	6	-
	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	-	6	-
	CUB	Cubeta de plástico	Ninguno	-	-	3



Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	6	-
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Ninguno	6	6	3
	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	Ninguno	-	-	3
	BPEC	Bolsa plástica hermética Ecotact	Ninguno	-	-	3
	ZFLY	Bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard) (con un costal de polipropileno impregnado de un insecticida, la deltametrina)	Ninguno	-	-	3
Tecnologías herméticas alternativas	BPS	Bolsa plástica negra estándar de calibre 500	Ninguno	-	-	3
	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	6	6	-
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (Ca(OH) ₂ , 95 %) (4 g/kg de grano)	6	6	-
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (Ca(OH) ₂ , 95 %) (6 g/kg de grano)	6	-	-
	COS, TD2	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95 %) (2 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95 %) (4 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD6	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (SiO ₂ , 95 %) (6 g/kg de grano)	-	6	-
Polvo vegetal	CUB, DA	Cubeta de plástico	Epazote (<i>D. ambrosioides</i>), 20 g/kg de grano	-	6	-



3. Resultados

Después de tres años de evaluación, los principales daños en los granos almacenados fueron causados por insectos y hongos. Asimismo, se observaron daños causados por roedores, no obstante, el grano quedó disperso y mezclado entre tratamientos, lo que impidió identificar claramente a qué recipiente pertenecía. Por esta razón, no se obtuvo información suficiente para estimar las pérdidas causadas por roedores. Sin embargo, se reporta el porcentaje de dispersión del grano con base en el peso final de los granos en los recipientes en 2019 y 2020, como referencia preliminar de los tratamientos más vulnerables a los roedores.

En 2021, después de tres meses de almacenamiento, los roedores causaron daños irreparables a todos los tratamientos de las bolsas plásticas herméticas. Por lo tanto, no se continuó la evaluación en los tres periodos faltantes (seis, nueve y doce meses), y solo se reportaron los daños por insectos y hongos hasta los tres meses de almacenamiento.

3.1 Dispersión de granos después del almacenamiento

Se reportó el porcentaje de dispersión del grano en las tecnologías de almacenamiento probadas en 2019 y 2020, como referencia de vulnerabilidad de los recipientes a la pérdida del grano por acción de roedores. Los roedores no tuvieron acceso al grano almacenado en el silo metálico hermético, el garrafón de PET, el tambo metálico y la cubeta plástica. Por lo tanto, solo se presentaron datos para las bolsas plásticas herméticas y los costales de polipropileno con grano acondicionado mediante control químico o algún polvo inerte.

En 2019, el porcentaje de dispersión fue mayor en los costales de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio (el 66.0%) y en los costales de polipropileno con cal micronizada en dosis de 4 g/kg (el 20.6%). Se registró menor dispersión en bolsa plástica hermética con zíper (el 7.5%) y en el costal

de polipropileno con cal micronizada en dosis de 6 g/kg (el 6.2%) (véase Figura 3).

En 2020, el porcentaje de dispersión fue mayor en el costal de polipropileno (el 97.8%), en el costal de polipropileno con tierra de diatomeas (2 g/kg de grano) (el 81.8%), en la bolsa plástica hermética con zíper (el 64.3%) y en el costal de polipropileno con tierra de diatomeas (6 g/kg de grano) (el 60.4%). Se observó menor dispersión de grano en costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano) (el 25.3%) y en el costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano) (el 30.4%) (véanse Figura 3 y Figura 4 a, b, c, d, e y f).

Durante las visitas de seguimiento mensual, se observó que los recipientes convencionales fueron los primeros en reportar daños por roedores en los años de evaluación. Aunque se realizó la limpieza del tejabán (lugar de almacenamiento con techo y una pared donde se hizo el ensayo) y se repararon las tecnologías de almacenamiento periódicamente, estas acciones no fueron suficientes para mantener alejados a los roedores y evitar el daño a otras tecnologías (bolsas plásticas herméticas y costales de polipropileno con polvos inertes).

En regiones con mayor incidencia de plagas de roedores, las bolsas plásticas herméticas y los costales de polipropileno con polvos inertes pueden ser vulnerables a los daños de dichos animales (Chigoverah y Mvumi, 2016). Esto demuestra que, para garantizar la eficiencia de las bolsas plásticas herméticas y los polvos inertes, es importante, además de un adecuado acondicionamiento de los granos antes del almacenamiento y un manejo cuidadoso de los recipientes, contar con un lugar de almacenamiento cerrado que permita controlar las poblaciones de roedores, validar métodos alternativos de control (siembras de plantas aromáticas, trampas, etc.) y realizar estudios de las poblaciones locales para un manejo adecuado (Taylor et al., 2012).

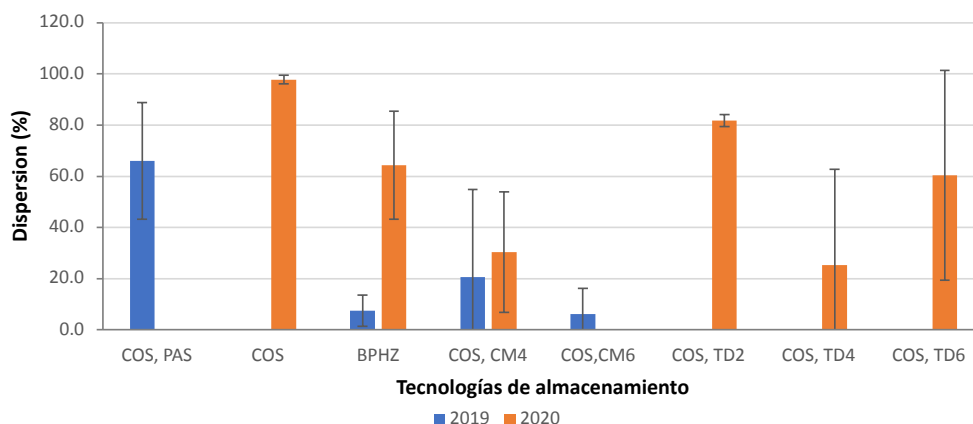


Figura 3. Porcentaje de dispersión de grano al final del periodo de almacenamiento en tecnologías usadas en 2019 y 2020; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

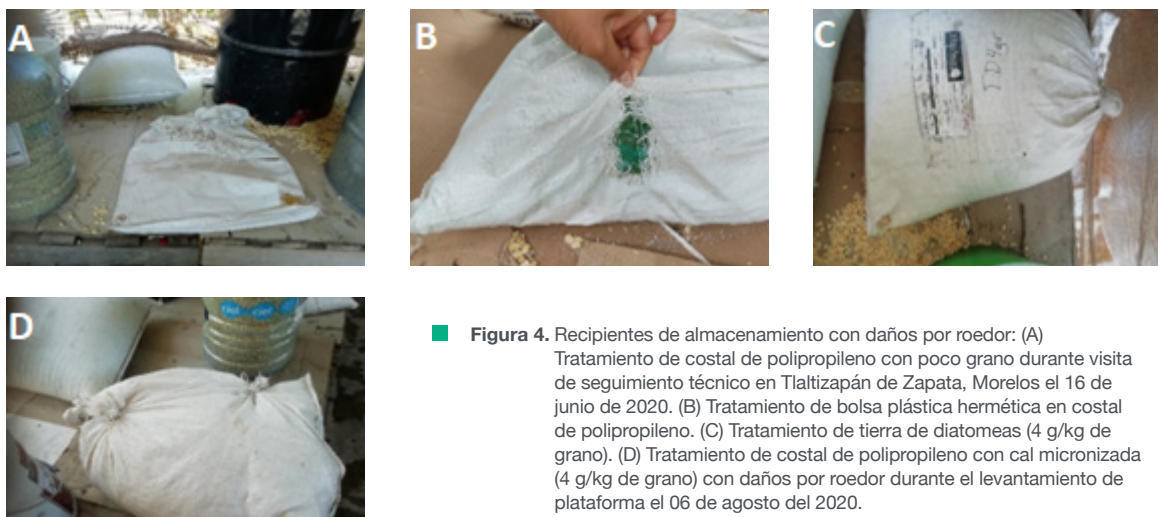


Figura 4. Recipientes de almacenamiento con daños por roedor: (A) Tratamiento de costal de polipropileno con poco grano durante visita de seguimiento técnico en Tlaltizapán de Zapata, Morelos el 16 de junio de 2020. (B) Tratamiento de bolsa plástica hermética en costal de polipropileno. (C) Tratamiento de tierra de diatomeas (4 g/kg de grano). (D) Tratamiento de costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano) con daños por roedor durante el levantamiento de plataforma el 06 de agosto del 2020.

3.2 Daños por insectos

En 2019, no hubo diferencias significativas entre los daños por insectos en las tecnologías evaluadas ($P = 0.319$). El daño por insectos en la bolsa plástica hermética (zíper) y el silo metálico hermético fue del 0.4%, comparado con el 0.7% en el garrafón PET. En 2020, el garrafón PET y el silo metálico hermético presentaron daños por insectos del 0.6% y el 1.2%, respectivamente (véase Figura 5).

Los polvos inertes demostraron ser efectivos en el control de daños por insectos hasta los seis meses de almacenamiento, aunque su efectividad dependió del tipo y la dosis usada. En 2019, el mayor daño por insectos entre los polvos inertes se observó

con la cal micronizada en dosis de 4 g/kg de maíz (el 3.2%), mientras que el menor daño se registró con una dosis de 6 g/kg de maíz de (el 1.0%) (véase Figura 5).

En 2020, los daños por insectos de las tecnologías evaluadas fueron significativamente diferentes ($P = 0.016$). Ese año, el mayor daño por insectos se registró con la cal micronizada en una dosis de 4 g/kg de maíz (el 8.4%), mientras que el menor daño se observó con la tierra de diatomeas con unas dosis de 2 g/kg de grano de maíz (el 1.6%), 4 g/kg de grano de maíz (el 1.7%) y 6 g/kg de maíz (el 2.5%) (véase Figura 5). En el caso de la tierra de diatomeas, se indica que la toxicidad de dosis bajas



en condiciones de altas temperaturas, como las del trópico seco, es eficiente (Sousa et al., 2013) debido a una mayor exposición de los insectos por su alta movilidad y respiración en este contexto ecológico (Käfer et al., 2012). Lo que resulta en menores costos de almacenamiento por la menor cantidad de producto utilizado y la reducción de impurezas en los granos para la comercialización.

Respecto a las tecnologías convencionales con el uso de la pastilla de fosforo de aluminio, en general se observó un bajo porcentaje de daños por insectos. En 2019 y 2020, los daños por insecto fueron menores en el tambo metálico con pastilla de fosforo de aluminio, con valores del 0.5% y del 2.6%, respectivamente. En el costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio, los daños por insectos fueron del 3.3% en 2019 (véase Figura 5). Sin embargo, la exposición al gas por inhalación debido a contenedores no herméticos pone en riesgo la salud de las familias de los agricultores, ya que puede causar intoxicación y muerte por la exposición a la fosfina. El costal de polipropileno no fue muy efectivo en minimizar los daños en la plataforma en 2020, con daños por insectos del 23.6% (véase Figura 5). El costal de polipropileno es ampliamente utilizado por los pequeños agri-

cultores por su practicidad, ya que ocupa menos espacio, facilita el transporte del grano y el acceso a los mercados locales. Sin embargo, no ayuda a conservar el grano almacenado, lo que reduce la disponibilidad de alimentos cuando los rendimientos son bajos. Además, cuando los rendimientos son buenos, los agricultores se ven forzados a vender a bajos precios debido al precario sistema de almacenamiento (Manandhar et al., 2018).

La cubeta de plástico con epazote (*Dysphania ambrosioides*) con 20 g/kg de maíz tuvo un 7.7% de daños por insectos, lo que demuestra que no fue más efectiva que las tecnologías herméticas, la tierra de diatomeas o el control químico, aunque sí mostró mejores resultados que el simple uso del costal de polipropileno (el 23.6%). El efecto biocida o repelente de los metabolitos secundarios depende de muchos factores, como el lugar de colecta, el momento de la cosecha, la concentración en la planta, el órgano usado —hojas, tallos, raíz, etc.—, los procedimientos de extracción y la forma de uso —aceites esenciales, polvos, etc.—, y tiempo de exposición. Estos factores pudieron afectar la eficiencia del control de insectos hasta los 6 meses de almacenamiento (Pino et al., 2013) (véase Figura 5).

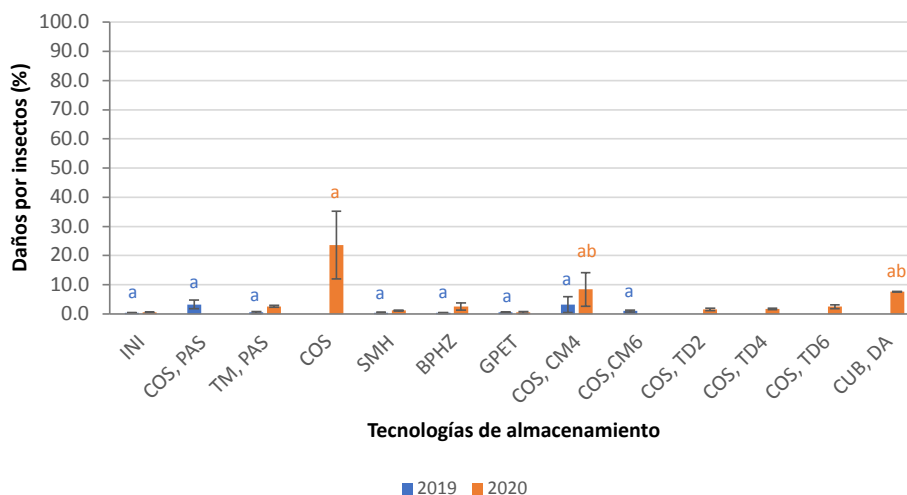
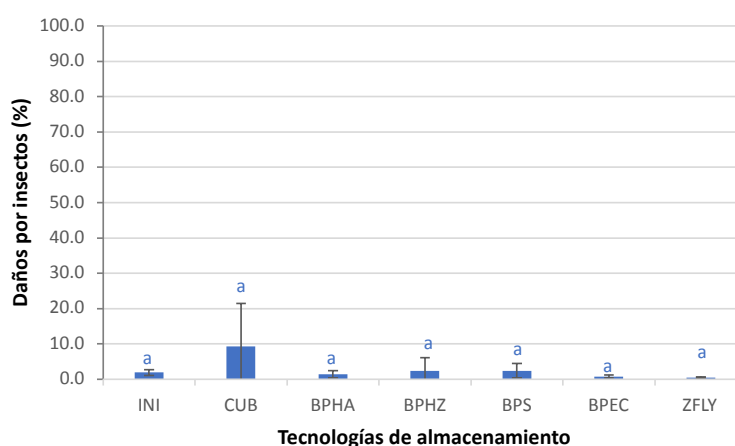


Figura 5. Daños por insectos evaluados durante los años 2019 y 2020. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



En 2021, tras varios meses de almacenamiento, no hubo diferencias significativas en los daños por insectos entre las tecnologías evaluadas ($P=0.396$). Después de 3 meses, los daños por insectos fueron menores en la bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard —ZFLY—), que utiliza con un costal de polipropileno impregnado de deltametrina, con un 0.5% de daño, y en la bolsa plástica hermética Ecotact —BPEC—, con un 0.8%. El mayor daño se

registró en la cubeta de plástico —CUB—, con un 9.3%. Asimismo, se observaron bajos niveles de daños en la bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro —BPHA—) con un 1.4%, en la bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro —BPHZ—) con un 2.4%, y en la bolsa plástica negra estándar de calibre 500 (BPS), también con un 2.4% (véase Figura 6).



■ **Figura 6.** Daños por insectos durante tres meses de almacenamiento en 2021. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.3 Daños por hongos

Los daños por hongos fueron similares en las tecnologías evaluadas en 2019 ($P=0.704$). Los daños por hongos no fueron significativamente diferentes según el tipo de recipiente, pero sí se vieron afectados por el alto porcentaje de hongos en la muestra inicial, especialmente en 2019 (Figura 7). La cal micronizada tuvo daños similares por hongos (entre el 5.1% y 5.6%) en las dosis usadas (4 y 6 g/kg de grano) (véase Figura 7), por lo que se sugiere usar la dosis menor para el control de hongos y así evitar mayores costos de almacenamiento.

En 2020, los daños por hongos tampoco mostraron diferencias significativas ($P=0.199$). En ese año, los daños por hongos fueron mayores en el costal de polipropileno (el 8.4%) y en el costal de polipropileno con tierra de diatomeas (6 g/kg de grano) (el 8.5%). El menor daño se observó con el costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano) (el 3.7%). El costal de polipropileno con

tierra de diatomeas (2 g/kg de grano) tuvo un 4.6% (véase Figura 3). Las tecnologías y la alternativa herméticas—garrafón PET (un 4.1%), silo metálico hermético (un 5.3%) y bolsa plástica hermética con cierre (un 6.2%)—mostraron daños intermedios. El control químico —fosfuro de aluminio con tambo metálico (un 5.8%)— y el uso de *D. ambrosioides* (un 4.8%) también presentaron daños intermedios (véase Figura 7).

En 2021, los daños por hongos fueron, en general, similares ($P=0.069$) y elevados, con un rango entre el 27% y el 36%. El mayor daño por hongos se registró en la bolsa plástica negra estándar de calibre 500 (el 35.8%), la bolsa plástica hermética Ecotact (el 34.3%) y la bolsa plástica hermética con zíper (el 34.2%). Los menores daños se observaron en la bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro) (el 27%) y la cubeta de plástico (el 28%) (véase Figura 8).

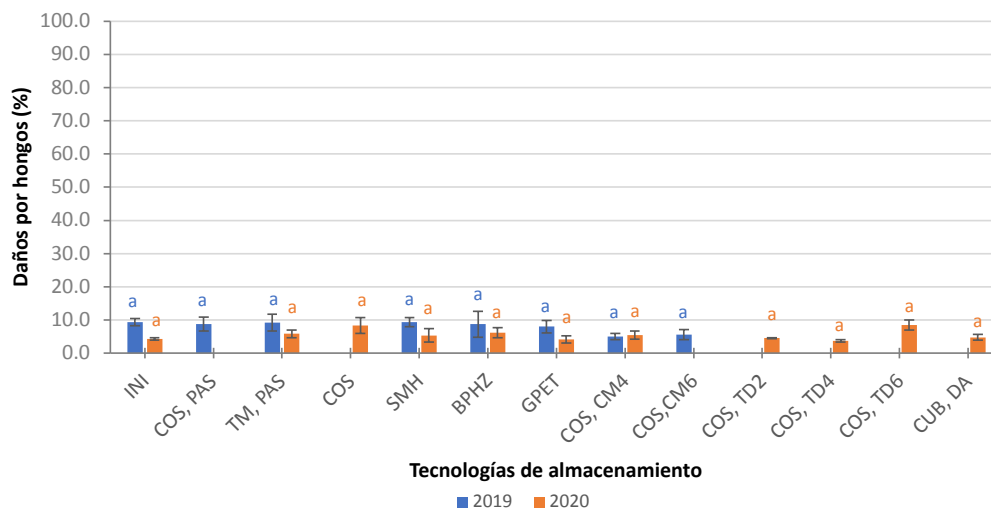


Figura 7. Daños por hongos durante seis meses de almacenamiento en los años 2019 y 2020. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

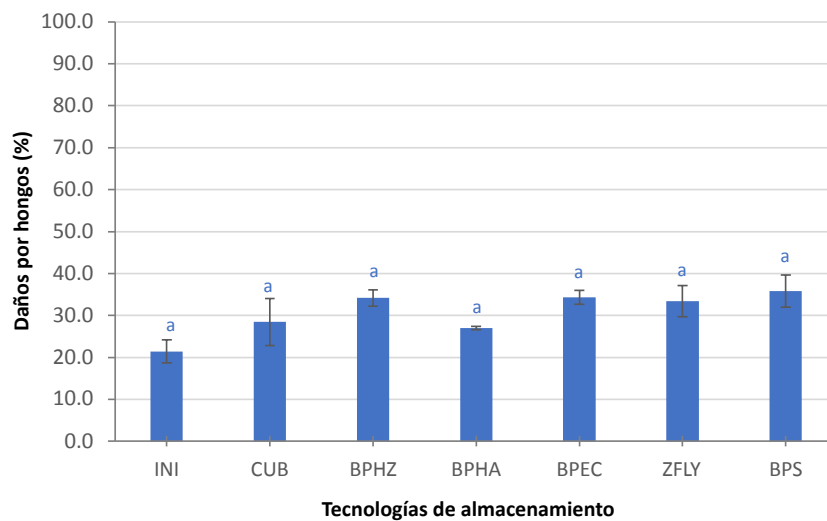


Figura 8. Daños por hongos durante 3 meses de almacenamiento en 2021. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, tuvo como objetivo evaluar diferentes alternativas de almacenamiento de maíz, para mini-

mizar el uso de control químico de plagas y validar diferentes tecnologías herméticas y polvos inertes en condiciones de trópico seco.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados promedio y recomendaciones sobre las tecnologías de almacenamiento evaluadas después de 6 meses en la plataforma poscosecha de Tlaltizapán de Zapata, Morelos.

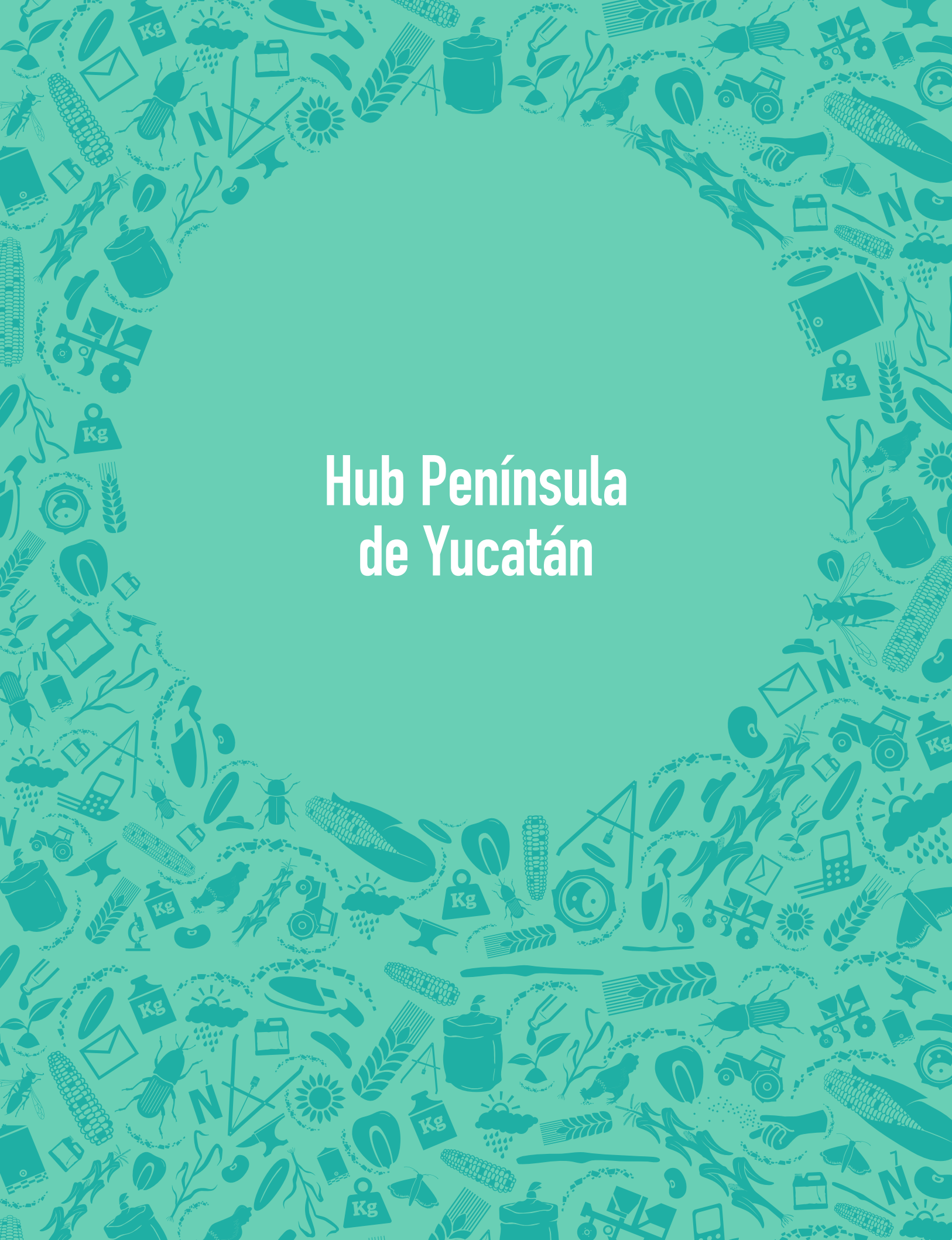
Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno con fosforo de aluminio (1 pastilla/40 kg de grano)	El 3.3% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales y hay un 66% de dispersión de grano por roedores. Efectiva contra insectos, pero no recomendada debido a su riesgo para la salud humana.
Tambo metálico con fosforo de aluminio (1 pastilla/180 kg de grano)	Del 0.5% al 2.6% de daños por insectos, el daño por hongos depende de daños iniciales. Muy efectiva, pero no recomendada por representar un riesgo para la salud.
Costal de polipropileno	El 12.7% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales y hay un 97.8% de dispersión de grano por roedores. No efectiva y no recomendada para el productor y su familia.
Cubeta plástica	El 9.3% de daños por insectos y el 28.5% de daños por hongos. No efectiva y no recomendada para su uso.
Silo metálico hermético	El 2.2% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales. Muy efectiva y se recomienda su uso por el productor y su familia.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Del 2.1% al 2.6% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales y hay entre un 7.5% a un 64.3% de dispersión de grano por roedores. Muy efectiva, pero vulnerable a los daños por roedores.
Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	El 1.4% de daños por insectos y el 27.0% de daño por hongos. Efectiva, pero vulnerable a daños por roedor.
Bolsa plástica hermética (Ecotact)	El 0.8% de daños por insectos y el 34.0% de daños por hongo. Efectiva, pero vulnerable a daños por roedores.
Bolsa plástica hermética (ZeroFly, Vestergaard)	El 0.5% de daños por insectos y el 33.4% de daños por hongo. Efectiva, pero vulnerable a daños por roedores.
Bolsa plástica negra estándar de calibre 500	El 2.4% de daños por insectos y el 35.8% de daños por hongos. Efectiva, pero vulnerable a daños por roedores.
Garrafón de PET	Del 0.6% al 3.3% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales. Muy efectiva y se recomienda para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	Del 3.2% al 8.4% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales y hay entre un 20.6% a un 30.4% de dispersión de grano por roedores. Poco efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg de grano)	El 1.1% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales y hay un 6.2% de dispersión de grano por roedores. Muy efectiva, pero podría incrementar los costos de almacenamiento.



Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (2 g/kg de grano)	El 1.6% de daños por insectos, el daño por hongos depende de daños iniciales y hay un 81.8% de dispersión de grano por roedores. Muy efectiva, pero vulnerable a daños por roedores.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	El 1.7% de daños por insectos, el 3.7% de daño por hongos y un 25.3% de dispersión de grano por roedores. Efectiva, pero podría incrementar los costos de almacenamiento y es vulnerable a daños por roedores.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	El 2.5% de daños por insectos, el 8.5% de daño por hongos depende de daños iniciales y un 60.4% de dispersión de grano por roedores. Efectiva, pero podría incrementar los costos de almacenamiento y es vulnerable a daños por roedores.
Cubeta de plástico con epazote (D. ambrosioides), 20 g/kg de grano	El 7.8% de daños por insectos, el daño por hongos depende de los daños iniciales. No efectiva y no recomendada para periodos de almacenamiento mayores a 6 meses.

5. Referencias

- Chigoverah, A.A., Mvumi, B.M. (2016). Efficacy of metal silos and hermetic bags against stored-maize insect pests under simulated smallholder farmer conditions. *J. Stored Prod. Res.* 69, 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.08.004>
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: diagnostico mediante encuestas a pequeños productores. *EnIACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Käfer, H., Kovac, H. y Stabentheiner, A. (2012). Resting metabolism and critical thermal maxima of vespine wasps (*Vespula* sp.). *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 679–689. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.01.015>
- Manandhar, A., Milindi, P. y Shah, A. (2018). An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries. *Agriculture*, 8(4), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040057>
- Pino, O., Sánchez, Y. y Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 81–94.
- SEDESOL (2011). Atlas de Riesgos Naturales de Tlaltizapán, Morelos. http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadata/Tlaltizapan/riesgos/Atlas_de_Riesgos_TLALTIZAPAN_2011.pdf
- SIAP (2020). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por estado [WWW Document]. SIAP. URL http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do (accessed 2.8.21).
- Sousa, A. H., Faroni, L. R. A., Andrade, G. S., Freitas, R. S. y Pimentel, M. A. G. (2013). Bioactivity of diatomaceous earth to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in different application conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(9), 982–986. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000900011>
- Taylor, P. J., Downs, S., Monadjem, A., Eiseb, S. J., Mulungu, L. S., Massawe, A. W., ... y Belmain, S. R. (2012). Experimental treatment-control studies of ecologically based rodent management in Africa: balancing conservation and pest management. *Wildlife Research*, 39(1), 51–61.



Hub Península de Yucatán



Tecnologías herméticas: una solución para la conservación de granos y semillas de agricultores en el sistema milpa en la península de Yucatán

Colaboradores	José Bernardino Castillo, Julio Alexander Couoh Moo, Rosa Carolina Pech Dzul, Beatriz Alida Balam Cocom, Francisco Canul Poot, Nicasio Díaz Che y Lucio Poot Uc
Institución	Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)
Hub	Península de Yucatán
Municipios, Estado	Peto y Yaxcabá, Yucatán
Clima	Seco (BSH)
Altitud	Peto: 35 msnm Yaxcabá: 30 msnm
Temperatura media anual	Peto: 26.4 °C Yaxcabá: 26.4 °C
Temperatura mínima mensual	Peto: 19.3 °C (enero) Yaxcabá: 19 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	Peto: 34.9 °C (mayo) Yaxcabá: 35.2 °C (mayo)
Humedad relativa mínima mensual	Peto: el 57 % (abril) Yaxcabá: el 56 % (abril)
Humedad relativa máxima mensual	Peto: el 77 % (septiembre) Yaxcabá: el 77 % (septiembre)
Precipitación anual	Peto: 772 mm Yaxcabá: 781 mm.
Años de evaluación	2017, 2018 y 2019

1. Introducción

En México, el cultivo de maíz ha sido de gran importancia ya que constituye una de las principales actividades económicas del sector rural, tanto el uso de la tierra como en la generación de empleos y el suministro de alimentos (Castillo-López *et al.*, 2021). Este cultivo se realiza en todos los municipios de Yucatán, principalmente a través del sistema milpa. La milpa maya es un sistema tradicional de cultivo itinerante, que aprovecha recursos naturales vitales para la agricultura como el agua, la radiación solar, el suelo, los nutrientes y el espacio, entre otros. Además, se reconoce como un sistema proveedor de alimentos básicos para las familias mayas

(Mijangos *et al.*, 2019), siendo el maíz y el frijol los principales productos obtenidos de la milpa.

Las prácticas de conservación del maíz en la región consisten en almacenar las mazorcas en trojes construidas con varas, donde se colocan las mazorcas con las puntas hacia abajo, limitando así el acceso de las plagas. En algunos casos, los agricultores aplican cal u otro insecticida sobre las mazorcas para evitar el desarrollo de plagas. Aquellos agricultores que desgranar la mayor parte de sus cosechas normalmente emplean el fosforo de aluminio y/o malatión desodorizado (Graneril) para manejar



las plagas de almacén. El frijol, por su parte, normalmente se almacena en costales de polipropileno sin tratamiento, aunque en algunos casos también se emplean estos productos químicos.

Las pérdidas poscosecha de maíz son importantes y pueden alcanzar hasta un 30% del volumen total de la producción (Odjo et al., 2020). Este porcentaje representa un problema grave, considerando los rendimientos de maíz y frijol, ya que pone en riesgo la seguridad alimentaria de las familias. Además,

el uso de productos químicos para el control de plagas puede representar un riesgo para la salud de los agricultores del sistema milpa y sus familias.

En colaboración de la UADY y el CIMMYT, se implementaron las plataformas poscosecha Peto, YUC, y Yaxcabá, YUC, para evaluar tecnologías herméticas, polvos inertes y tecnologías alternativas comparadas con las prácticas convencionales de almacenamiento y conservación de maíz, entre 2017 y 2019.

2. Materiales y métodos

Para desarrollar recomendaciones sobre el almacenamiento adecuado del maíz, se implementaron durante tres ciclos las plataformas poscosecha en

las comunidades de Xoy, Peto y Yaxunah, Yaxcabá, Yucatán. En estas se evaluaron 4 tipos de tecnologías (ver Tabla 1).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en las plataformas poscosecha de Peto y Yaxcabá, Yucatán.

Tipo de tecnologías	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Peto, YUC			Yaxcabá, YUC		
				Tiempo (meses) de almacenamiento en años de evaluación					
				2017	2018	2019	2017	2018	2019
Tecnologías convencionales	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	6	6	-	3	6	6
	TRJ	Troje	Ninguno	-	-	6	-	-	-
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre	Ninguno	6	6	6	3	6	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	-	6	6	-	6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	-	-	3	-	-
Tecnologías herméticas alternativas	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	-	6	6	-	-	-
	BPS	Bolsa plástica estándar	Ninguno	-	-	-		6	6



	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	6	6	6	3	6	-
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)						
Polvos inertes	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	-	-	-	-	-	6
	COS, TD6	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	-	-	-	-	-	6

Las tecnologías fueron evaluadas durante 3 y 6 meses de almacenamiento. Se realizaron visitas mensuales de seguimiento a cada plataforma para revisar el estado de estas tecnologías. En general, durante los tres ciclos de evaluación, se notaron daños causados por insectos y por roedores en los tratamientos convencionales y aquellos que no eran herméticos. Se recolectaron datos tanto al inicio como al final de cada periodo de almacenamiento y se tomaron muestras para el análisis de calidad de grano en la plataforma de Peto, Yucatán. Es importante destacar que, en 2018, no se pudieron obtener muestras suficientes del costal de polipropileno para hacer los análisis debido a la cantidad de granos dañados. Se hicieron las siguientes pruebas:

- Pruebas de germinación: para evaluar la calidad fisiológica de la semilla (porcentaje de germinación y plántulas normales).

- Pruebas químicas: se utilizó el equipo SOXTEC™ (extracción de grasas con solventes) para medir el extracto etéreo y calcular el índice de acidez libre en las grasas.
- Pruebas físicas: se midió el peso de 100 granos y el índice de flotación. El índice de flotación se basa en el número de granos que flotan en una solución de densidad específica (1.25 g/mL), ya que se asume que los granos suaves contienen una mayor cantidad de aire en el endospermo y flotan más que los granos duros. También, se evaluó el impacto del almacenamiento en la diferencia de color entre la muestra inicial y las muestras recolectadas al final de cada plataforma.

3. Resultados y discusión

3.1 Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha

Después de tres ciclos de almacenamiento en las diferentes plataformas, los principales daños registrados fueron causados por insectos y por hongos. En la plataforma poscosecha Peto, Yucatán, los porcentajes totales de daños difirieron significativamente entre las tecnologías evaluadas en 2017 ($P < 0.001$) y 2018 ($P < 0.001$), mientras que en 2019 fueron similares ($P = 0.069$). El porcentaje de daños totales en el grano almacenado en costales de polipropileno fue del 50%, de los cuales el 40%

correspondió a daños causados por insectos y el 8% a daños por hongos (véanse Figuras 1, 2 y 3).

Los daños por insectos de los diferentes mostraron diferencias significativas en los 3 años de evaluación ($P < 0.001$). Por otro lado, los daños causados por hongos también variaron significativamente en 2017 ($P = 0.004$) y 2019 ($P < 0.001$), mientras que en 2018 fueron similares ($P = 0.054$). En 2019, el troje, que fue evaluado solo ese año, registró un 4% de daños totales, con un 1% de daños por insectos y un 1% por hongos (véanse Figuras 1, 2 y 3).

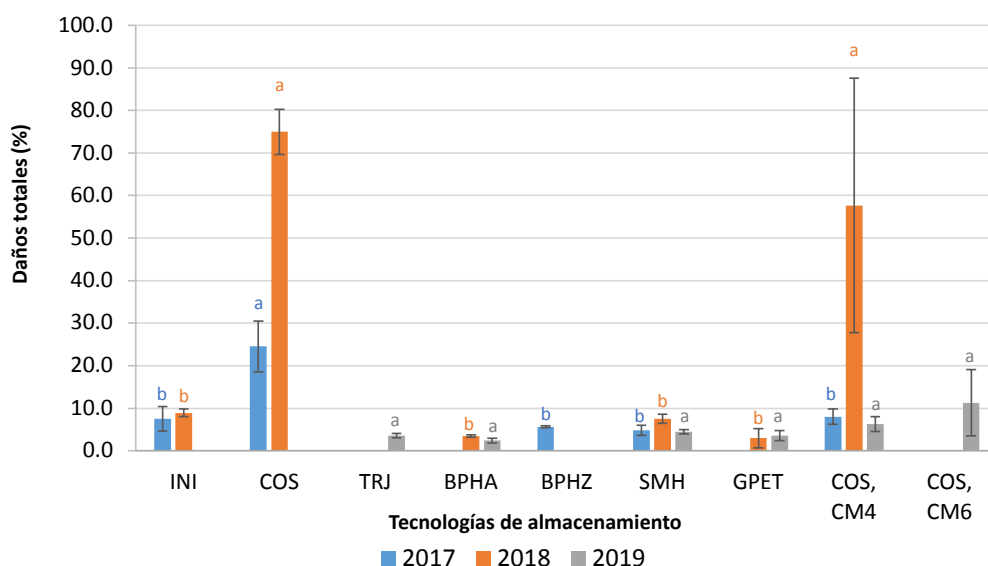


Figura 1. Daños totales en granos almacenados por 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Peto, Yucatán, de 2017 a 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños totales iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

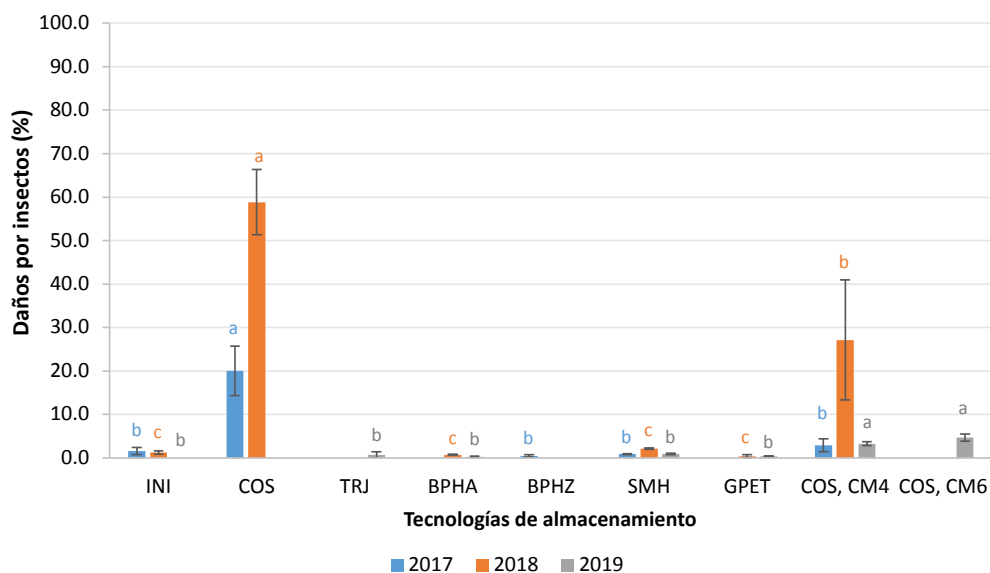


Figura 2. Daños por insectos en granos almacenados por 6 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Peto, Yucatán, de 2017 a 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

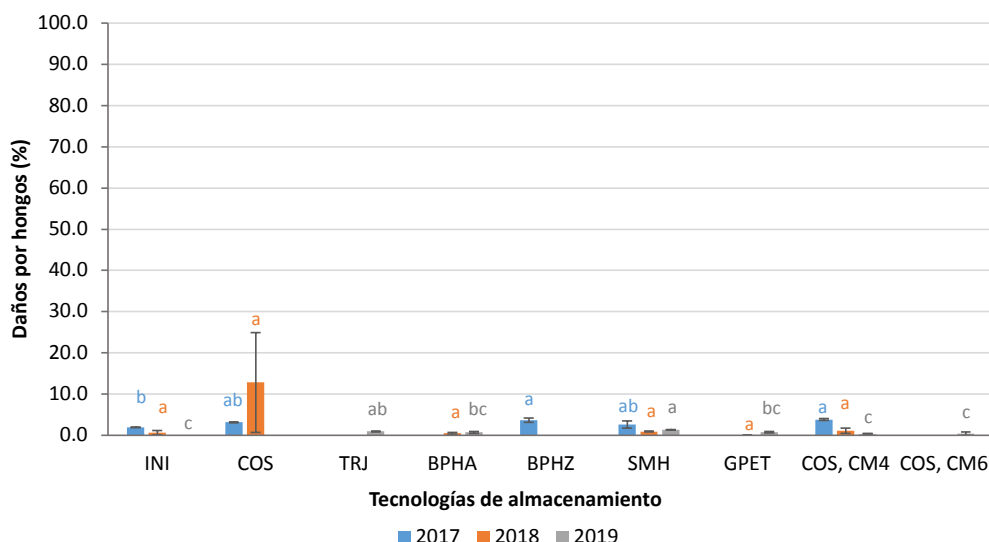


Figura 3. Daños por hongos en granos almacenados por 6 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Peto, Yucatán, de 2017 a 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

En comparación con las tecnologías convencionales, las tecnologías herméticas presentaron muy pocos daños en ambas plataformas. Se registraron menos del 1.5% y del 3% de daños por insectos en las plataformas Peto y Yaxcabá, Yucatán, respectivamente, en las tres tecnologías evaluadas: silo metálico hermético, bolsa plástica hermética de amarre y bolsa plástica hermética con zíper (véanse Figuras 2 y 5). Asimismo, los daños por hongos y los daños totales fueron muy reducidos. Los resultados de la implementación de las plataformas demostraron que, independientemente del año, las tecnologías herméticas fueron efectivas en reducir las pérdidas poscosecha.

Los polvos inertes, como la cal micronizada, mostraron resultados variables. En la plataforma Peto, Yucatán, se obtuvo en promedio un 24% de daños totales, de los cuales el 11% correspondió a daños por insectos y el 2% por hongos (véanse Figuras 1, 2 y 3). En la plataforma Yaxcabá, Yucatán, los daños fueron menores con la cal micronizada (CM), con un 10.4% de daños totales, de los cuales el 6.6% fue de daños por insectos y el 0.6% de daños por hongos (véanse Figuras 4, 5 y 6). También se obtuvieron menores daños con la tierra de diatomeas, que fue evaluado solamente en 2019 (véanse Figuras 4, 5 y 6).

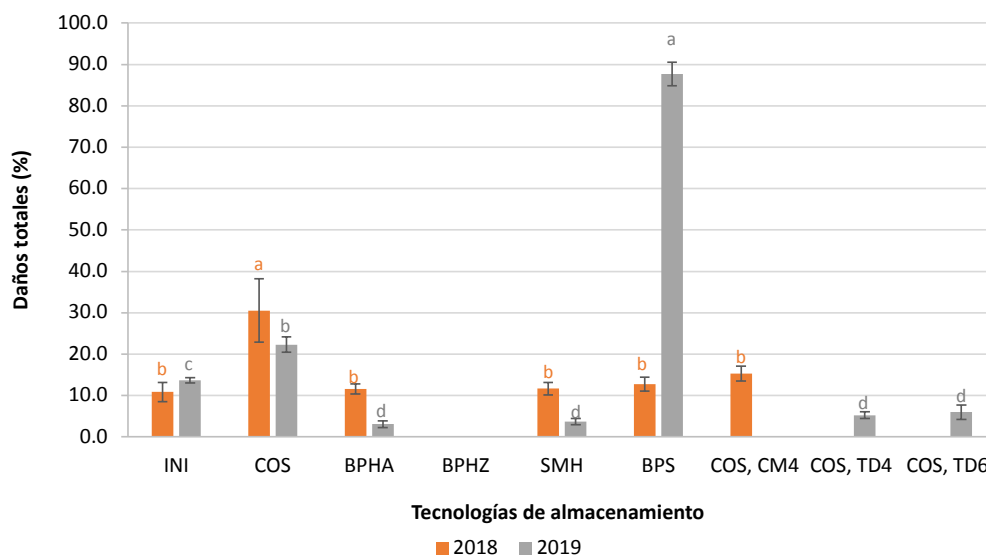


Figura 4. Daños totales en granos almacenados por 6 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Yaxcabá, Yucatán, en 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños totales iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

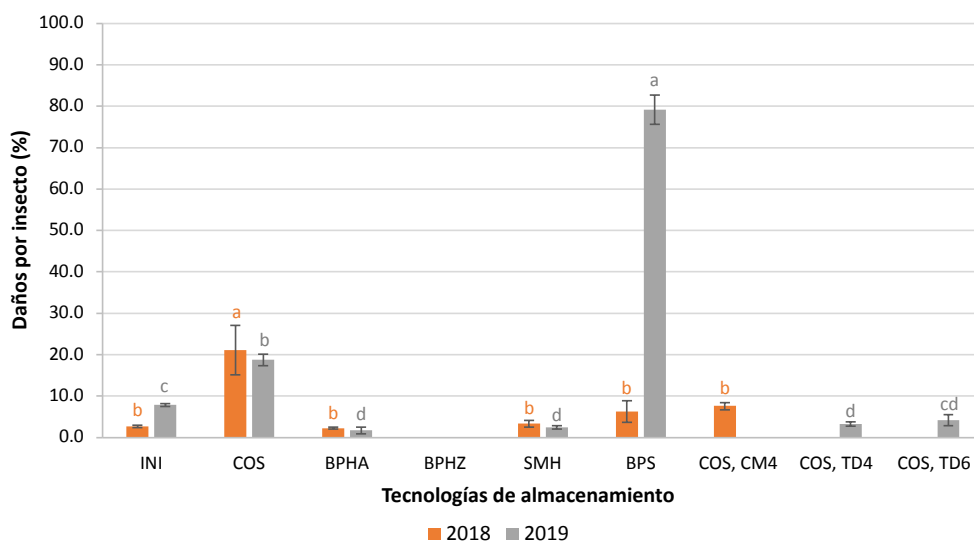


Figura 5. Daños por insectos en granos almacenados por 6 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Yaxcabá, Yucatán, en 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

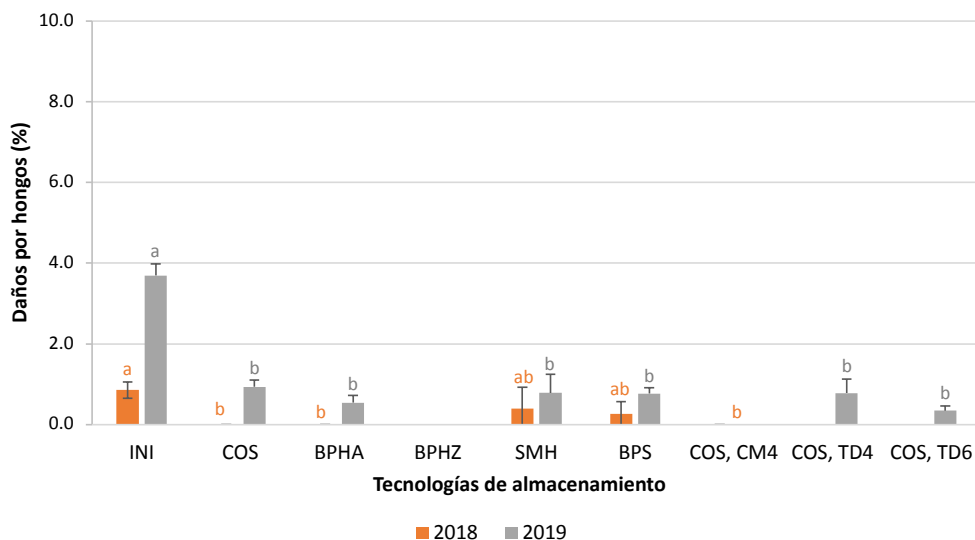


Figura 6. Daños por hongos en granos almacenados por 6 meses en los tratamientos evaluados en la plataforma poscosecha Yaxcabá, Yucatán, en 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Las tecnologías herméticas alternativas también mostraron resultados variables. En la plataforma Peto, Yucatán, el garrafón de PET presentó menos del 4 % de daños totales (véase Figura 1), mientras que en la plataforma Yaxcabá, los resultados con la bolsa plástica estándar registraron un 50 % de daños totales (véase Figura 4). Durante el levantamiento, se observó que la bolsa estándar tenía algunas perforaciones que no fueron causadas por mal manejo; esta condición impidió tener el efecto de hermeticidad deseada. Por lo tanto, no se recomienda esta tecnología para estas condiciones, ya que la falta de hermeticidad durante el almacenamiento favorece el desarrollo de plagas.

3.2 Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre algunos parámetros de calidad de grano y semilla

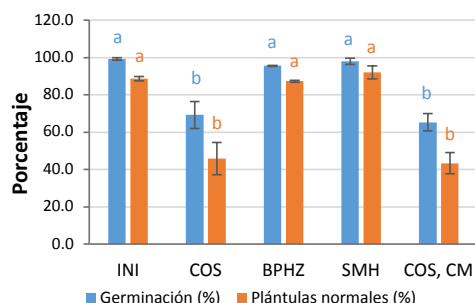
Además de la colección de datos sobre daños en granos, se tomaron muestras de maíz en la insta-

lación y el levantamiento de la plataforma poscosecha Peto, Yucatán, con el objetivo de evaluar la efectividad de los tratamientos en la conservación de la calidad de los granos durante el almacenamiento. Se realizaron análisis en granos y semilla que aparentemente estaban sanos.

En 2017 y 2018, el porcentaje de germinación de las semillas ($P < 0.001$ por los dos años) y el porcentaje de plántulas normales ($P < 0.001$ por los dos años) varió significativamente entre los diferentes contenedores. Los resultados mostraron que el silo metálico hermético, la bolsa plástica hermética y el garrafón de PET mantuvieron la calidad del grano, con un porcentaje de germinación superior al 95 % y un porcentaje de plántulas normales superior al 90 % (véase Figura 7). Por el contrario, el costal de polipropileno y el costal de polipropileno con cal micronizada, es decir las tecnologías no herméticas, tuvieron una disminución significativa tanto en el porcentaje de germinación como en el porcentaje de plántulas normales.



Peto, YUC-2017



Peto, YUC-2018

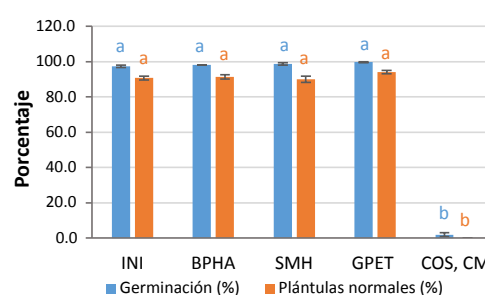


Figura 7. Efecto de diferentes tecnologías de almacenamiento sobre la germinación de la semilla y el porcentaje de plántulas normales de muestras colectadas en la plataforma de Peto, YUC, en 2017 y 2018. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: Porcentajes de germinación iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

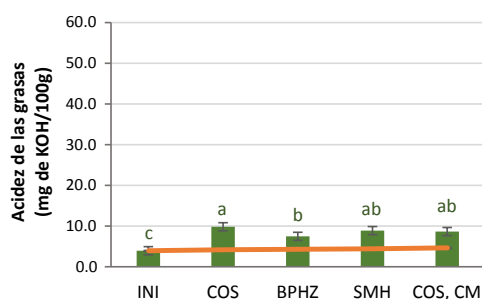
También se analizó el extracto etéreo de las muestras recolectadas en la plataforma. La utilización de solventes permite extraer las grasas de los granos de maíz, las cuales son consideradas macronutrientes esenciales en el suministro de energía. Por lo tanto, es importante conocer tanto la cantidad como la calidad de grasa en los granos. El análisis del extracto etéreo proporciona información sobre la cantidad de grasas contenidas en las muestras recolectadas. No se observó una diferencia significativa entre las tecnologías de almacenamiento evaluadas (véase Figura 8).

Generalmente, se considera que las grasas de buena calidad contienen pocos ácidos grasos libres, lo que resulta en un bajo índice de acidez libre. Los índices de acidez de los granos almacenados en los diferentes contenedores evaluados en

2017 y 2018 variaron significativamente ($P < 0.001$ por ambos años). Los resultados mostraron que el costal de polipropileno con cal micronizada tenía un valor elevado del índice de acidez. Normalmente, las tecnologías herméticas tienen un valor de índice de acidez libre más bajo en comparación a los tratamientos convencionales (véase Figura 8).

En las tecnologías herméticas, la ausencia de oxígeno hace que los granos entren en una fase de dormancia. Por el contrario, en presencia de oxígeno y bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, las enzimas presentes en los granos o secretadas por la microflora se activan y promueven la degradación y la rancidez de los lípidos. Esto sugiere que el uso adecuado de las tecnologías herméticas puede evitar la degradación de la calidad de las grasas en los granos.

Peto, YUC-2017



Peto, YUC-2018

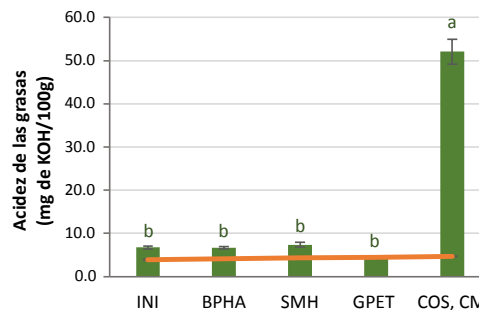


Figura 8. Efecto de diferentes tecnologías de almacenamiento sobre el índice de acidez y el extracto etéreo de muestras de granos colectadas en la plataforma de Peto, YUC, en 2017 y 2018. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: Acidez de grasas iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

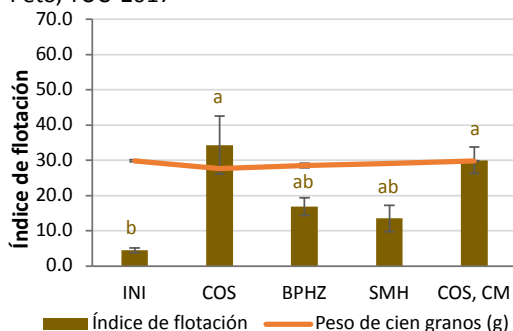


En cuanto a las pruebas físicas, se determinó el peso de 100 granos, que es un indicador del tamaño del grano y una característica importante para los productores de harina. Al igual que en el caso del extracto etéreo, no se observaron diferencias significativas entre las tecnologías de almacenamiento (véase Figura 9).

Otro parámetro físico evaluado fue el índice de flotación, que es una medida de la densidad y la dureza del grano, importante para la selección de variedades adecuadas para la industria de nixtamalización. La dureza del grano de maíz es definida como la fuerza necesaria para romper el grano, lo que contribuye a su resistencia mecánica. Además, la dureza del grano influye en su capacidad para absorber y retener agua durante las diferentes etapas del proceso de cocción.

Los resultados obtenidos en la plataforma revelaron una variación significativa en el índice de flotación de acuerdo con la tecnología de almacenamiento usada ($P=0.013$ para 2017 y 0.026 para 2018). Se observó un aumento del índice de flotación como efecto del almacenamiento (véase Figura 9). Este efecto fue inferior en los granos almacenados con tecnologías herméticas, mientras que en los granos almacenados en el costal de polipropileno y el costal de polipropileno con cal micronizada se observó un aumento significativo del índice de flotación. Esto sugirió que las prácticas de almacenamiento pueden influir en la calidad física del grano, ya que, en tecnologías no herméticas, la presencia de oxígeno provoca reacciones químicas que cambian su dureza. Sin embargo, es necesario investigar a fondo para entender plenamente este fenómeno.

Peto, YUC-2017



Peto, YUC-2018

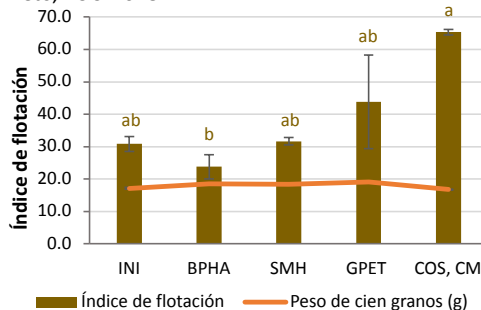


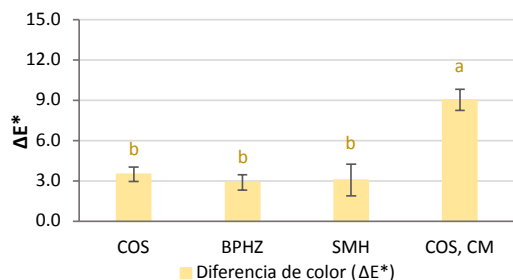
Figura 9. Efecto de diferentes tecnologías de almacenamiento sobre el índice de flotación y el peso de 100 granos de muestras recolectadas en la plataforma de Peto, YUC, en 2017 y 2018. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: índice de flotación inicial. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

El color es un atributo de calidad relacionado con la distribución espectral de la luz, y es un factor determinante en la aceptación de los alimentos por parte de los consumidores. La evaluación del color de los cereales es importante, porque está asociada con la eficiencia de la molienda, la tasa de extracción y en la calidad de los productos terminados. Las condiciones de almacenamiento también pueden influir en el color del grano, ya que las reacciones bioquímicas que ocurren en el maíz pueden afectar los compuestos, como los carotenoides, que definen el color del grano.

Los resultados de los análisis mostraron que el uso de cal micronizada parece modificar el color de los granos, lo que produce un aumento significativo en el puntaje de color ($P=0.004$ para 2017 y $P<0.001$ para 2018) (véase Figura 10). Los granos almacenados con cal se caracterizan por un mayor grado de amarillez, lo que sugeriría que los carbonatos, óxidos e hidróxidos en la cal, podrían afectar los componentes responsables del color durante el almacenamiento.



Peto, YUC, -2017



Peto, YUC, -2018

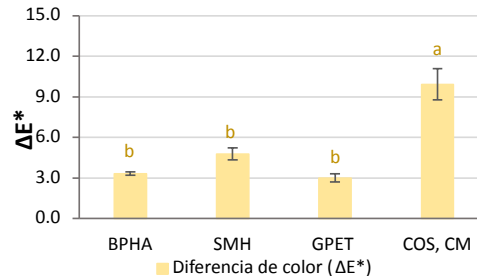


Figura 10. Efecto de diferentes tecnologías de almacenamiento sobre la diferencia de color entre la muestra inicial y las muestras finales después del almacenamiento y de ser recolectadas en la plataforma de Peto, YUC, en 2017 y 2018. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

En general, las tecnologías herméticas, tanto el silo metálico hermético como la bolsa plástica hermética, demostraron ser exitosas en el mantenimiento de la calidad del grano y de la semilla al limitar

los intercambios con el exterior. No obstante, se requiere mayor investigación para comprender mejor las reacciones químicas producidas por las condiciones de almacenamiento.

4. Conclusión y lecciones aprendidas

La implementación de las plataformas poscosecha Peto y Yaxcabá, Yucatán, durante tres ciclos, permitió evaluar diferentes tecnologías de almacenamiento de maíz, medir las variaciones de las condiciones climáticas y desarrollar recomendaciones para los agricultores del sistema milpa Maya. Es importante promover el uso de las tecnologías herméticas entre los pequeños agricultores, con el adecuado acompañamiento técnico, para el fortalecimiento de su seguridad alimentaria. Sin embargo, la promoción y el escalamiento de estas tecnologías requiere un vínculo activo con los actores claves tanto públicos

como privados, además del desarrollo de planes de acción conjuntos.

El almacenamiento es solo una de las etapas del proceso poscosecha. En repetidas ocasiones, los granos presentan daños por insectos y hongos antes de llegar a la fase de almacenamiento, lo que dificulta su recuperación. Para el futuro, es indispensable investigar el momento oportuno de la cosecha para minimizar los daños en campo, y desarrollar y validar las tecnologías adecuadas para el desgrane y secado, adaptadas a las necesidades de los agricultores del sistema milpa.

Tabla 1. Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de 6 meses de almacenamiento en las plataformas poscosecha de Peto y Yaxcabá, Yucatán.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron del 39% y por hongos el 8%. En Yaxcabá, Yucatán, los daños por insectos y hongos fueron del 17% y el 1%, respectivamente. No se recomienda su uso para el almacenamiento y la conservación de granos y semillas.
Troje	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron del 0.7% y por hongos del 0.9%. Para su uso, es importante considerar la cobertura de la mazorca y el ambiente. En un entorno más seco, la presión de plagas poscosecha es más baja.
Bolsa plástica estándar	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron del 43% y del 0.5% por hongos. No se recomienda su uso para el almacenamiento y conservación de granos y semillas.



Bolsa plástica hermética de amarre	En Peto, Yucatán, los daños por insectos y hongos estuvieron por debajo del 1%. En Yaxcabá, Yucatán, los daños por insectos y hongos fueron del 2% y del 0.3%, respectivamente. Altamente recomendada para su uso en la conservación y almacenamiento de granos destinados para la nixtamalización y de semillas (un 98% de germinación y un 91% de plántulas normales). Es importante utilizar tarimas en buen estado y proteger las bolsas de objetos punzocortantes como astillas, clavos o agujas.
Bolsa plástica hermética con zíper	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron menores del 1% y los de hongos fueron del 3.6%. En Yaxcabá, Yucatán, los daños por insectos y por hongos fueron del 1% y del 0.8%, respectivamente. Se recomienda su uso para la conservación y almacenamiento de granos para nixtamalización y de semillas (un 96% de germinación y un 87% de plántulas normales). Se sugiere el uso de tarimas en buen estado y proteger la bolsa de objetos punzocortantes.
Silo metálico hermético	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron del 1.3% y por hongos fue del 1.6%. En Yaxcabá, Yucatán, los daños por insectos y hongos fueron del 2% y del 0.6%, respectivamente. Altamente recomendado para su uso en la conservación y almacenamiento de granos para nixtamalización y de semillas (un 99% de germinación y un 91% de plántulas normales). Es importante contar con un espacio adecuado para su manejo y evitar daños por humedad y la exposición directa a los rayos del sol.
Garrafón de PET	En Peto, Yucatán, los daños por insectos fueron del 0.4% y por hongos también del 0.4%. Altamente recomendado para su uso en la conservación y almacenamiento de granos para nixtamalización y de semillas (un 100% de germinación y un 94% de plántulas normales); además, es una alternativa viable y de bajo costo.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	En Peto, Yucatán, los daños promedio por insectos fueron del 8% y por hongos del 1%. En Yaxcabá, Yucatán, los daños por insectos y hongos fueron del 5% y del 0.3%, respectivamente. Se recomienda su uso cuando las tecnologías herméticas no estén disponibles. La eficiencia de esta tecnología depende de parámetros climáticos, como la humedad relativa, la temperatura y la presión de plagas. En algunos años, se han registrado pérdidas importantes con esta tecnología de almacenamiento.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg de grano)	En Peto, Yucatán, los daños promedio por insectos fueron del 4.7% y por hongos del 0.3%. No se recomienda su uso, ya que no ofrece una ventaja significativa respecto a la dosis de 4 g/kg de grano almacenado, cuando las tecnologías herméticas no estén disponibles.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	En Yaxcabá, Yucatán, los daños promedio por insectos fueron del 3.2% y por hongos del 0.8%. Se recomienda su uso cuando las tecnologías herméticas no estén disponibles. La eficiencia de esta tecnología depende de parámetros climáticos, como la humedad relativa, la temperatura y la presión de plagas. En algunos años, se han tenido pérdidas importantes con esta tecnología de almacenamiento.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	En Yaxcabá, Yucatán, los daños promedio por insectos fueron del 4.2% y por hongos del 0.3%. No se recomienda su uso, ya que no ofrece una ventaja significativa en comparación con la dosis de 4 g/kg de grano almacenado, cuando las tecnologías herméticas no estén disponibles.

5. Referencias

- Castillo-López, E., Marín-Collí, E. E., López-Tolentino, G., Jiménez-Chi, J. A. y Muñoz-Osorio, G. A. (2021). Perspectivas del sistema milpa en Yucatán. *Bioagrociencias*, 14(2), 13–22. <https://doi.org/10.56369/bac.3912>
- Mijangos, J. O., Simá, J. L. y Kú, M. E. (2019). Revalorizando a la milpa maya en Yucatán: Incremento de la capacidad productiva. Desde *El Herbario CICY*, 11, 180–184.
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>



Hub Pacífico Sur



Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre las pérdidas poscosecha en los Valles Centrales de Oaxaca

Colaboradores	Máximo Melchor Olmedo, Clara Santos Rodríguez y Jonatán Villa Alcántara
Institución	Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocón, SPR de R.L.
Hub	Pacífico Sur
Municipio, Estado	Ciénega de Zimatlán, Oaxaca
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	1,495 msnm
Temperatura media anual	18.3 °C
Temperatura mínima mensual	9.7 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	28.7 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 48 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 79 % (septiembre)
Precipitación anual	798 mm
Años de evaluación	2017-2019

1. Introducción

Los agricultores de la región Valles Centrales, en el estado de Oaxaca, practican una agricultura de subsistencia. Los 121 municipios de la zona centro del estado abarcan una extensión agrícola de 186 539 hectáreas, de las cuales más del 83 % se destinan a la producción de grano de maíz durante el ciclo de primavera-verano, bajo condiciones de temporal, con rendimientos que oscilan entre 0.65 y 1.38 toneladas por hectárea (SIAP, 2020). Más del 70 % de los agricultores de maíz usan semillas criollas (Luna-Mena et al., 2017) y la mayor parte de la cosecha se destina al autoconsumo para alimentación humana y animal, lo que requiere almacenar la semilla por un periodo de siete meses (González Regalado et al., 2017; Rosas et al., 2007)

Los pequeños agricultores enfrentan problemas

poscosecha debido a la falta de recipientes adecuados para el almacenamiento, así como pérdidas ocasionadas por plagas como roedores e insectos, a pesar del uso de agroquímicos para el control de plagas. Además, la falta de capacitación en el manejo adecuado de los granos durante el almacenamiento agrava la situación. En la zona, cosechan las mazorcas con hojas de totemoxtle, y algunos cortan la planta completa para trasladarla a sus hogares. Con esta práctica, evitan el robo del rastrojo y obtienen el alimento para los pocos animales de carga que tienen. Durante el almacenamiento, desgranar las mazorcas y la zarandear antes de embolsarlas. Algunos agricultores utilizan pastillas de fosforo de aluminio en dosis muy altas sin asesoramiento, lo que pone en riesgo la salud humana.



En ese contexto, y en colaboración con el CIMMYT, técnicos de la Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocón, SPR de RL, evaluaron, entre 2017 y 2019, diversas prácticas y tecnologías poscosecha adaptadas a los agricultores de autoconsumo y potencial productivo en la Ciénega de Zimatlán,

Oaxaca, con el objetivo de reducir la pérdida de cantidad y calidad de los granos básicos. Como resultado de esa evaluación, se formularon recomendaciones y se promovió el uso de tecnologías entre los agricultores de la región de los Valles Centrales en Oaxaca.

2. Materiales y métodos

Se estableció una plataforma poscosecha en el municipio de la Ciénega de Zimatlán, Oaxaca, para almacenar maíz criollo blanco durante diferentes periodos. Se evaluaron dos tecnologías herméticas por tres años, y, durante dos años, se evaluaron tratamientos con polvos inertes.

El material almacenado fue maíz criollo blanco, considerado de raza “bolita/tabrita”, producido por diferentes agricultores de la misma región. El maíz criollo blanco fue sembrado en la segunda quincena de junio y cosechado a finales de diciembre. Los tiempos de cosecha e instalación de los ensayos variaron según las condiciones lo permitieron. Los agricultores realizaron la pizca en la parcela y trasladaron las mazorcas, aún con el totomoxtle, a sus hogares, donde días después deshojaron las mazorcas con punzón, seleccionaron las sanas de las podridas y desgranaron manualmente con fricción entre dos mazorcas. La limpieza se llevó a cabo con una criba para separar las impurezas, pedazos de olotes y brácteas menores.

El lugar de almacenamiento, con un área de 12 m² aproximadamente, estaba protegido del sol y la lluvia bajo un techado de lámina galvanizada con altura de 4 m, paredes de tabicón y piso rústico de cemento. Todos los recipientes se colocaron sobre dos tarimas de plástico (120 x 110 x 15 cm cada una), separadas entre sí por 15 cm.

Se evaluaron las siguientes prácticas de almacenamiento en las categorías de tecnologías herméticas y polvos inertes. Las tecnologías herméticas incluyeron el silo metálico hermético (SMH) y la bolsa plástica hermética con amarre (BPHA), comparadas con la práctica convencional, es decir, grano acondicionado con fosforo de aluminio en dosis de una pastilla por 50 kg de grano y almacenado en costales de polipropileno (COS, PAS). Cada tra-

tamiento contó con tres repeticiones en cada año de evaluación. A petición de los agricultores, se incluyeron tratamientos con polvos inertes a partir de 2018, para encontrar otras alternativas para la conservación del grano. Se utilizó cal estándar en dosis de 4 g por kg de grano almacenado. En años posteriores, se usó cal micronizada en dos niveles de dosis: 4 g y 6 g por kg de grano almacenado (ver Tabla 1).

Se realizaron pruebas de hermeticidad en los recipientes herméticos para garantizar su efectividad. Los costales de polipropileno fueron nuevos en cada ensayo. Para los tratamientos con polvos inertes, se usó cal estándar, de uso común para la construcción, mientras que para la cal micronizada se adquirió hidróxido de calcio micronizado (Ca(OH)₂ al 95%).

El primer ensayo comenzó el 20 de diciembre de 2016, y se evaluaron tres intervalos de tiempo con apertura a tres meses (90 días), cuatro meses (120 días) y seis meses (180 días). El segundo ensayo inició el 7 de marzo de 2018, se añadió el tratamiento con cal estándar, almacenado en costales de polipropileno (COS, CE) y se evaluaron dos intervalos de tiempo con apertura a los tres y seis meses. El tercer ensayo comenzó el 16 de abril de 2019, con la adición de dos tratamientos con cal micronizada, almacenado en costales de polipropileno (COS, CM4; COS, CM6), y se evaluó un intervalo de tiempo con apertura a los seis meses. Aunque se evaluaron diferentes intervalos, este ensayo se centró en los resultados a los seis meses, ya que este periodo fue una constante durante los tres años de la plataforma poscosecha.

Los datos se recopilaban al inicio y en los momentos de evaluación indicados en la Tabla 1. Los tratamientos se compararon en función del porcentaje



de daños por insectos, porcentaje de daños por hongos y cantidad de insectos vivos en los recipientes tras 180 días de almacenamiento. Se estimaron estas variables a partir de submuestras de 500 g, y

las tecnologías se compararon mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha Ciénega de Zimatlán, Oaxaca, 2017-2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación		
				2017	2018	2019
Tecnología convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosfuro de Aluminio (1 pastilla/30-50 kg)	3, 4, 6	3, 6	6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	3, 4, 6	3, 6	6
	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre	Ninguno	3, 4, 6	3, 6	6
Polvos Inertes	COS, CE	Costal de polipropileno	Cal estándar (4 g/kg de grano)	-	3, 6	-
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)	-	-	6

3. Resultados y discusión

3.1 Efectos de las tecnologías de almacenamiento sobre los daños por insectos

Las tecnologías herméticas, como el silo metálico hermético (SMH) y las bolsas plásticas de amarre (BPHA), han demostrado su eficacia para reducir las pérdidas de grano debido a daños por insectos plaga. En la plataforma poscosecha de Ciénega de Zimatlán, Oaxaca, los daños por insectos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto en 2018 ($P=0.001$ en 2017, $P=0.353$ en 2018 y $P<0.001$ en 2019). El daño promedio por insectos en el recipiente convencional fue del 3.8%

en los tres años de evaluación, con el menor daño registrado en 2017 y el mayor en 2019 (véase Figura 1).

En los tratamientos con tecnologías herméticas, el daño promedio fue del 2.1% en el SMH y del 1.3% en la BPHA. Con el uso de la bolsa plástica hermética, logramos reducir los daños por insectos en un 2.5%, mientras que con el silo metálico hermético la reducción fue del 1.7% en comparación con los resultados obtenidos en los recipientes convencionales.

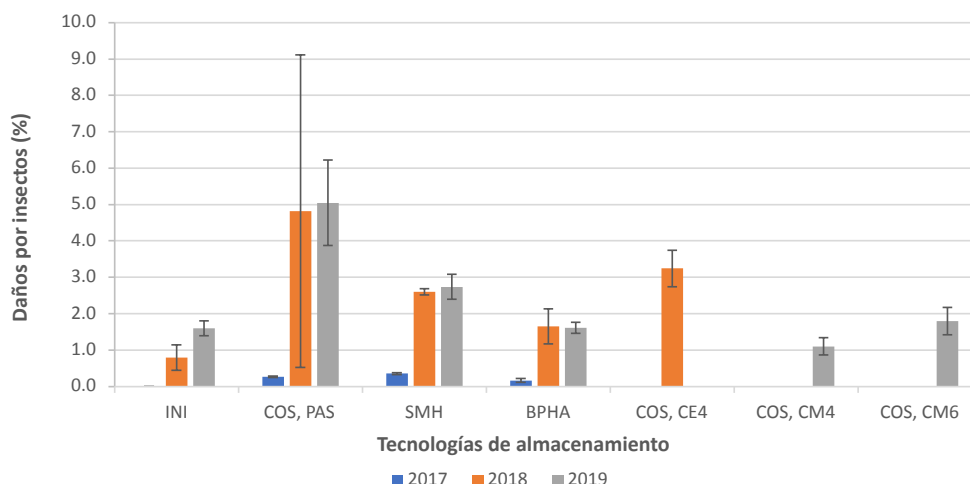


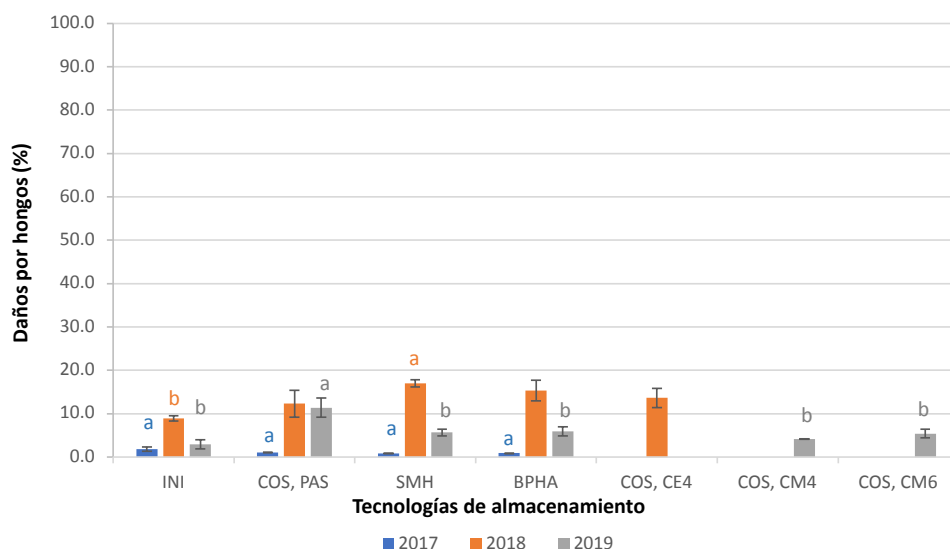
Figura 1. Daños por insectos evaluados a los 6 meses durante los años 2017-2019. Tecnologías poscosecha herméticas y prácticas de acondicionamiento de grano evaluadas en la plataforma de poscosecha en la Ciénega de Zimatlán, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; escala del eje Y termina en un 10 %; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Los polvos inertes, otros tratamientos evaluados, mostraron una reducción en el daño por insectos en comparación con el tratamiento convencional de grano acondicionado con fosforo de aluminio. En 2018, con el tratamiento COS, CE4 fue tan efectivo como las tecnologías herméticas y la práctica convencional, lo que demuestra que puede ser una alternativa viable para los agricultores que no pueden adquirir las tecnologías herméticas. De igual manera, en 2019, las dos dosis de cal micro-nizada evaluadas fueron tan efectiva como las tecnologías herméticas y pueden ser utilizadas cuando estas últimas no están disponibles.

3.2 Efectos sobre los daños por hongos

La sanidad del grano almacenado tiene un efecto directo sobre su conservación, lo cual es evidente

en la incidencia de daños por hongos en todos los tratamientos. El porcentaje de daño por hongos al inicio del ensayo fue menor al 2% en 2017, del 8.9% en 2018 y del 2.9% en 2019. Los daños por hongos en los tratamientos fueron similares en 2017 ($P = 0.11$), pero se observaron diferencias en 2018 ($P = 0.03$) y 2019 ($P < 0.001$). Se registró un mayor daño en todos los tratamientos en 2018, y las incidencias en las tecnologías herméticas fueron similares a las del recipiente convencional (costal de polipropileno con grano acondicionado con fosforo de aluminio). En 2019, todas las tecnologías evaluadas presentaron menores daños por hongos en comparación con el recipiente convencional (véase Figura 2). El porcentaje de daño por hongos fue similar entre las tecnologías herméticas.



■ **Figura 2.** Daños por hongos evaluados durante los años 2017-2019. Tecnologías poscosecha herméticas y prácticas de acondicionamiento de grano evaluadas en la plataforma de poscosecha en la Ciénega de Zimatlán, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

En 2019, las prácticas de acondicionamiento de grano presentaron menores daños por hongos en comparación con el recipiente convencional (véase Figura 2). La cal estándar y micronizada se posicionan como alternativas de bajo costo para reducir las pérdidas poscosecha, aunque los resultados pueden variar según el ambiente (Odjo et al., 2020).

3.3. Número de insectos vivos

Después de 6 meses de almacenamiento, se observó la presencia de gorgojo de maíz en algunos recipientes. Se registró una mayor incidencia de estos

insectos en el costal de polipropileno con pastilla de fosfuro de aluminio, mientras que los recipientes herméticos presentaron una menor presencia (ver Tabla 2). Los recipientes con grano acondicionado con polvos inertes también fueron eficaces, el cual destacó el recipiente con cal micronizada, donde no se detectó la presencia de insectos vivos. Probablemente, la cal micronizada controló de manera más efectiva a los insectos, debido a la asfixia y desecación provocadas por la finura de sus partículas, que se adhieren bien a los granos y a las cutículas y los espiráculos de los insectos, lo que provoca su muerte (Odjo et al., 2020).

■ **Tabla 2.** Presencia de insectos vivos en los recipientes evaluados (promedio a los 180 días de almacenamiento) en la plataforma poscosecha en Ciénega de Zimatlán, Oaxaca.

Tecnología de almacenamiento por año		Insectos vivos por 500 g		
		Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	Barrenador grande de los granos (<i>Prostephanus truncatus</i>)	Palomilla dorada del maíz (<i>Sitotroga cerealella</i>)
Costal de polipropileno con pastilla de fosfuro de aluminio (COS, PAS)	Promedio	8.0 (± 9.89)	2.0 (± 2.65)	0.1 (± 0.33)
	2017	0	5.0 (± 3.00)	0
	2018	16.7 (± 10.96)	2.0 (± 1.63)	0.3 (± 0.47)
	2019	4.7 (± 3.40)	0	0



Silo metálico hermético (SMH)	Promedio	0.4 (± 0.48)	0	0
	2017	1.0 (± 0.00)	0	0
	2018	0.3 (± 0.47)	0	0
	2019	0	0	0
Bolsa plástica hermética de amarre (BPHA)	Promedio	0.4 (± 0.48)	0	0
	2017	0.5 (± 0.50)	0	0
	2018	0.3 (± 0.47)	0	0
	2019	0.3 (± 0.47)	0	0
Costal de polipropileno con cal estándar 4 g/kg (COS, CE4)	2018	0.7 (± 0.47)	1.0 (± 0.82)	0.7 (± 0.47)
Costal de polipropileno con cal micronizada 4 g/ kg (COS, CM4)				
	2019	0	0	0
Costal de polipropileno con cal micronizada 6 g/ kg (COS, CM6)	2019	0	0	0

A los 3 meses, los granos más dañados provinieron del recipiente COS, CE con un 3% de daños por insectos y un 11% de daños por hongos. Tanto el recipiente convencional como las tecnologías herméticas presentaron alrededor del 1% de daños por insectos y un 7% de daños por hongos. No se

observaron cambios sustanciales en los niveles de daños en ambos momentos de evaluación (3 y 6 meses), lo que demostró que estas tecnologías son efectivas y protegen consistentemente los granos contra plagas de insectos y hongos poscosecha.

4. Conclusión

La implementación de la plataforma poscosecha en Ciénega de Zimatlán, Oaxaca, permitió desarrollar recomendaciones para el almacenamiento de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Estas recomen-

daciones deben ir acompañadas de la “regla de oro del almacenamiento”, que consiste en almacenar un grano sano, limpio, seco y fresco en un lugar igualmente seco y fresco.

■ **Tabla 3.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de 6 meses en la plataforma de la Ciénega de Zimatlán, Oaxaca.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	El 3.4% de daños por insectos, con moderada presencia de gorgojos vivos y baja presencia de barrenadores y palomillas vivas, y el 8.3% de daños por hongos. Efectiva, pero no recomendada para los agricultores de los Valles Centrales, debido a que representa un riesgo para la salud.
Silo metálico hermético	El 1.9% de daños por insectos, con una muy baja presencia de gorgojos vivos, y el 7.8% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los agricultores de los Valles Centrales.



Bolsa plástica hermética de amarre	El 1.1 % de daños por insectos, con muy baja densidad de gorgojos vivos, y el 7.4 % de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los agricultores de los Valles Centrales.
Costal de polipropileno con cal estándar (4 g/kg)	El 3.2 % de daños por insectos, baja presencia de gorgojos, barrenadores y palomillas, y el 13.7 % de daños por hongos. Efectiva y recomendada para los agricultores de los Valles Centrales.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 1.1 % de daños por insectos, sin presencia de insectos vivos, y el 4.2 % de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los agricultores de los Valles Centrales.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg)	El 1.8 % de daños por insectos, sin presencia de insectos vivos, y el 5.4 % de daños por hongos. Muy efectiva, pero dado que la dosis anterior (4g/kg) es igual de efectiva, no se recomienda esta mayor dosis para los agricultores de los Valles Centrales.

5. Referencias

- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *EnIACe: la revista de la agricultura de conservación*. Año IX. Número 40 Octubre - Noviembre 2017, 42–48. https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2017_IX%2840%29.pdf?sequence=112&isAllowed=y
- Luna-Mena, B. M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Santoyo-Cortés, V. H. y Rendón-Medel, R. (2017). Factores e innovaciones para la adopción de semillas mejoradas de maíz en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 2995. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.421>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Rosas, I. M., Muñoz, A. G., Valverde, B. R., Salgado, J. H. H. y Bellon, M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(1), 69–78.
- Gobierno de México (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. SIAP. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>



Evaluación de tecnologías de almacenamiento para reducir pérdidas poscosecha de frijoles en la región de la Mixteca, Oaxaca

Colaboradores	Leodegario Osorio Alcalá ¹ , Angel Rodríguez Santiago ²
Institución	¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ² Unión de Ejidos y Comunidades de Producción y Comercialización Agropecuaria R.I.
Hub	Pacífico Sur
Municipios, Estado	San Andrés Sinaxtla, Oaxaca Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	San Andrés Sinaxtla: 2100 msnm Santo Domingo Yanhuitlán: 2139.3 msnm
Temperatura media anual	15.2 °C
Temperatura mínima mensual	8.0 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.2 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 53 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 84 % (septiembre)
Precipitación anual	1141 mm
Años de evaluación	2019

1. Introducción

La agricultura es una de las principales fuentes de ingresos en la región Mixteca de Oaxaca. Su población es mayoritariamente rural, y sus principales cultivos son el maíz, el café, el frijol, el trigo, el arvejo y la alfalfa. Predomina la agricultura de subsistencia vinculada al mercado, en la que parte de la cosecha se destina al autoconsumo y la otra a la venta local. Los rendimientos de los cultivos son limitados debido a la implementación de una agricultura poco tecnificada, combinadas con las condiciones agroclimáticas de la región, caracterizadas por lluvias escasas y variables; además de suelos erosionados con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes (Altieri et al., 2006).

Los agricultores de la región también enfrentan pérdidas poscosecha, con el riesgo de perder toda la cosecha en años de mayor incidencia

de plagas, principalmente los gorgojos del frijol (*Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus*). Al igual que en otras zonas rurales de México, los agricultores de la Mixteca almacenan sus granos en costales de polipropileno, costales de polipropileno con insecticida (principalmente fosfuro de aluminio), tambos plásticos o metálicos, y silos metálicos. Algunos también utilizan botellas y garrafones de PET, aplicando así el principio de hermeticidad (ausencia de oxígeno).

Los agricultores suelen almacenar sus granos en espacios cerrados, como bodegas y cuartos con poca ventilación, lo que aumenta el riesgo de intoxicación por inhalación de fosfina, una sustancia altamente tóxica sin antídoto específico. Por ello, es necesario sensibilizar a los agricultores sobre los riesgos de su uso y promover alternativas más



seguras (Pérez *et al.*, 2009). El almacenamiento en costales de polipropileno sin tratamiento deja los granos sin protección, lo que permite altos niveles de daño que los agricultores intentan compensar alimentando a los animales con los granos dañados. Esta práctica expone a los agricultores a riesgos de contaminación por micotoxinas, principalmente las aflatoxinas. El uso de insecticidas químicos como el fosfuro de aluminio es efectivo y económico, pero es perjudicial para la salud de los consumidores. Si bien la fosfina, gas liberado por el fosfuro de aluminio al contacto con la humedad, tiene baja persistencia en granos fumigados, su manejo inadecuado es riesgoso. Los agricultores acostumbran almacenar sus granos en locales cerrados, como bodegas y cuartos con poca ventilación, lo que aumenta el riesgo de intoxicación por inhalación de fosfina, una sustancia altamente tóxica sin antídoto específico.

Por ello, es necesario sensibilizar a los agricultores acerca de su toxicidad y restringir su uso como plaguicida con la promoción de alternativas más seguras (Pérez *et al.*, 2009).

El CIMMYT trabaja en la sensibilización de los agricultores acerca de la toxicidad del fosfuro de aluminio y promueve el uso de las tecnologías herméticas y los polvos inertes como alternativas no químicas. En este contexto, se evaluó la efectividad de tecnologías herméticas (silos metálicos herméticos y bolsas plásticas herméticas) y alternativas (cal micronizada y polvo de epazote) para la protección de granos de frijol en dos plataformas poscosecha establecidas en Santo Domingo Yanhuitlán y San Andrés Sinaxtla, municipios ubicados en la región Mixteca de Oaxaca.

2. Materiales y métodos

Las evaluaciones se realizaron en dos plataformas poscosecha: una establecida en el sitio experimental del INIFAP en Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, y la otra en la bodega de la Unión de Ejidos y Comunidades de Producción y Comercialización Agropecuaria R.I. en San Andrés Sinaxtla, Oaxaca.

2.1. Características de granos almacenados en la región

La cosecha del frijol en la Mixteca Alta se realiza cuando el cultivo ha alcanzado su madurez fisiológica, lo que generalmente ocurre entre el 20 de noviembre y el 20 de diciembre, dependiendo de la fecha de siembra. El arrancado manual de la planta se lleva a cabo entre 5 y 8 días después, antes de que las vainas de frijol revienten. La cosecha consiste en arrancar la planta, hacer pequeños montones y colocarlos en hilera sobre el terreno. En esas condiciones, las plantas se dejan durante 5 a 7 días antes de ser recogidas manualmente y transportadas a lugares denominados "eras".

La extracción del grano se realiza con máquinas trilladoras estacionarias, jaladas por un tractor. Los agricultores que siembran más de 5 hectáreas realizan esta práctica en el mismo terreno donde se cosechó, usando trilladoras con cabezales

adaptados para frijol. Los pequeños agricultores de autoconsumo, que siembran menos de 1 hectárea, realizan la trilla usando animales como burros, mulas o caballos para pisar el frijol hasta que se desgrane. Algunos agricultores usan camionetas para este proceso. La limpieza de los granos se realiza con el aprovechamiento de las corrientes de aire. La mayoría de los agricultores no seca el grano, esperan que el frijol esté lo suficientemente seco en campo antes de proceder a la cosecha.

2.2. Implementación de la plataforma

En Santo Domingo Yanhuitlán, los tratamientos se evaluaron en una plataforma ubicada en un cobertizo con techo de lámina de asbesto, cuya altura varía de 4.38 m en la parte más alta a 3.78 m en la parte más baja. El piso es de cemento y dos de sus lados están cubiertos con paredes, mientras que los otros dos permanecen abiertos para facilitar la circulación del aire. Además, en el lado poniente se dispone de una malla sombra negra móvil, que evita que el sol incida directamente en los recipientes durante la tarde. La plataforma está rodeada por plantaciones de cedro blanco (*Juniperus sabina*). El área mide 5.3 m x 3.0 m (15.9 m²) y los recipientes se colocaron sobre tarimas de madera, con una altura de 0.42 m sobre el piso. Los tratamientos están a



0.5 m de la pared y equidistantes de 0.1 m entre sí, lo que favorece la circulación del aire.

En San Andrés Sinaxtla, las evaluaciones se llevaron a cabo en una bodega de 38 m², rodeada de cedros, con paredes de ladrillo, techo de concreto y también piso de concreto. Los recipientes se colocaron sobre tarimas de madera, elevadas 0.3 m sobre el nivel del piso y soportadas por tabicones. Los tratamientos fueron equidistantes de 0.6 m entre sí, para facilitar la circulación del aire y permitir el libre tránsito durante el monitoreo y la toma de datos.

En la plataforma de Santo Domingo Yanhuitlán, se evaluaron dos tecnologías herméticas: el silo

metálico hermético (SMH) y la bolsa plástica hermética con amarre (BPHA), además de un método convencional, el costal de polipropileno (COS) y una alternativa: el costal de polipropileno con cal micronizada en dosis de 4 g/kg de grano (COS, CM). Por su parte, en la plataforma de San Andrés Sinaxtla, se evaluaron la práctica convencional del costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio (COS, PAS), dos tecnologías herméticas (silo metálico hermético –SMH– y bolsa plástica hermética con zíper– BPHZ–) y dos alternativas: grano acondicionado con epazote seco molido en dosis de 1 g/kg (COS, DA) y el grano acondicionado con cal micronizada a una dosis de 4 g/kg (COS, CM) (ver Tabla 1).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento y acondicionamiento evaluadas en las plataformas de Santo Domingo Yanhuitlán y San Andrés Sinaxtla en 2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses)
Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca				
Tecnología convencional	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	6
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética (amarre)	Ninguno	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6
Polvos inertes	COS, CM	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	6
San Andrés Sinaxtla, Oaxaca				
Tecnología convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosforo de aluminio (1 pastilla/50 kg)	3, 6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	3, 6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética (zíper)	Ninguno	3, 6
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	3, 6
	COS, DA	Costal de Polipropileno	Dysphania ambrosioides (Epazote, 1 g /kg de grano)	3, 6

En ambas plataformas se utilizaron frijoles criollos cultivados en la región. En Santo Domingo Yanhuitlán se almacenó el frijol criollo negro “Tiltepec”, mientras que en San Andrés Sinaxtla se empleó el frijol criollo negro “San Andrés Andúa”. Se determinó la humedad y temperatura del grano

con un determinador de humedad John Deere Moisture Check Plus SW08120. Para los tratamientos que lo requirieron, se adquirieron costales nuevos, y se realizaron pruebas de hermeticidad a los recipientes herméticos (SMH, BPHA y BPHZ).



En Santo Domingo Yanhuatlán, el experimento se instaló el 6 de marzo de 2019 y la evaluación se realizó únicamente a los 6 meses, el 7 de septiembre de 2019. En San Andrés Sinaxtla, los recipientes se instalaron el 22 de marzo de 2019, y las evaluaciones se realizaron a los 3 meses (24 de junio de 2019) y 6 meses (28 de septiembre de 2019).

Los datos se recolectaron al inicio de cada experimento y en los momentos de evaluación indicados

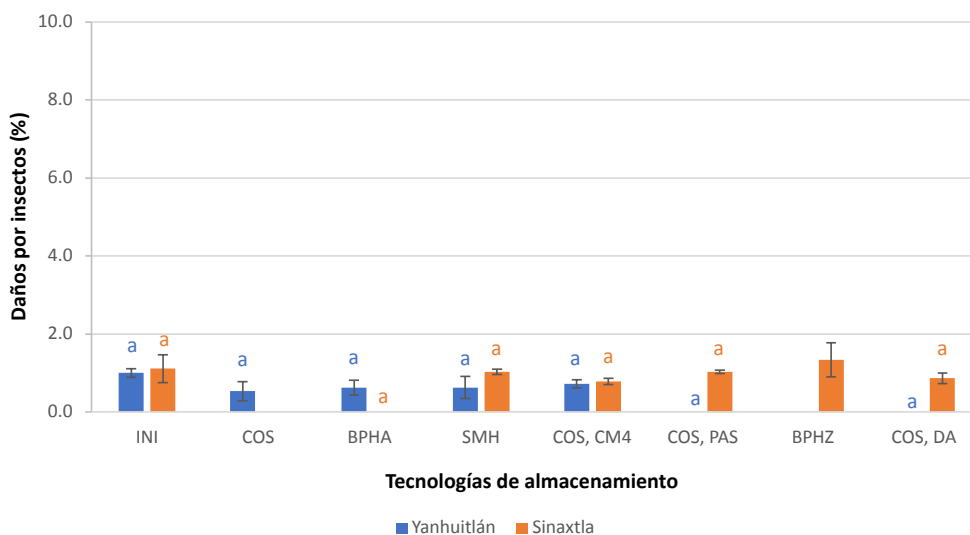
en la Tabla 1. Los desempeños de los tratamientos se compararon en función de los datos obtenidos sobre el porcentaje de daños por insectos, el porcentaje de daños por hongos y la presencia de insectos vivos a los 6 meses (180 días). Estas variables se estimaron a partir de submuestras de 500 g, y las comparaciones de los tratamientos se realizaron mediante un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

3. Resultados y discusión

3.1. Daños por insectos

Los daños causados por insectos fueron bajos (menor al 2%), similares a los niveles iniciales de daños (aproximadamente el 1%) y no presentaron diferencias significativas entre sí, tanto en Yanhuatlán ($P=0.113$) como en San Andrés Sinaxtla ($P=0.156$). El bajo nivel de daño en el tratamiento COS podría estar indicando que, durante el periodo de evaluación, hubo una baja infestación de plagas insectiles, la cual podría deberse a las variedades nativas evaluadas o a la altitud. Es más probable que se

deba a la altitud, ya que las únicas fuentes de resistencia del frijol a los gorgojos se han encontrado en plantas silvestres de México (Kornegay y Cardona, 1991). A mayor altitud, como en Yanhuatlán (>2000 msnm), las bajas temperaturas pueden tener un efecto supresor sobre las poblaciones de insectos plaga en la poscosecha, lo que resulta en menores daños y pérdidas de granos (Haile, 2015). La baja presencia de plagas insectiles dificultó la observación de los efectos de las diferentes tecnologías en la conservación de los granos almacenados.



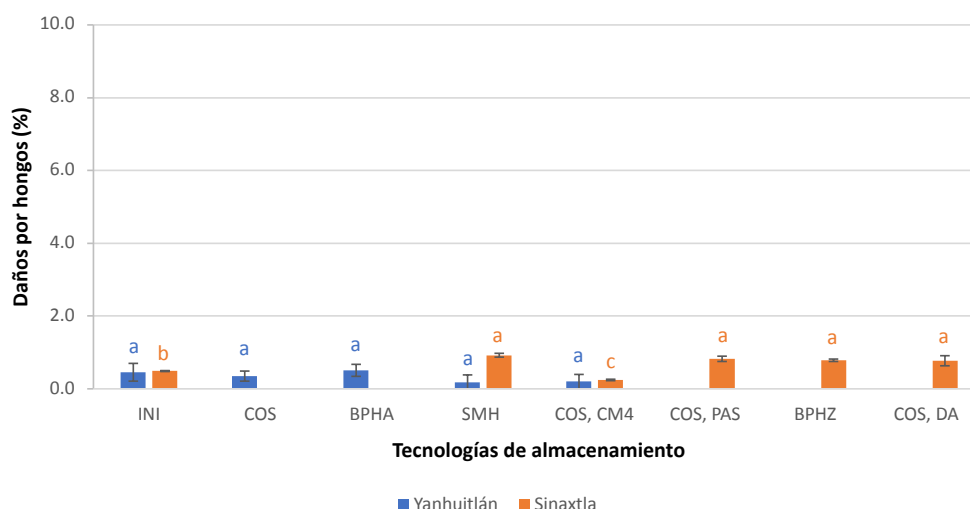
■ **Figura 1.** Daños por insectos en granos almacenados por 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados en 2019 en las plataformas poscosecha en Santo Domingo Yanhuatlán y San Andrés Sinaxtla, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; escala del eje Y termina en un 10%. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2. Daños por hongos

En Santo Domingo Yanhuatlán, no se observaron diferencias en los daños causados por hongos ($P=0.217$). En San Andrés Sinaxtla, los daños

por hongos fueron significativamente diferentes ($P<0.05$), aunque todos los niveles de daños fueron menores al 1 %.



■ **Figura 2.** Daños por hongos en granos almacenados por 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados en 2019 en las plataformas poscosecha Santo Domingo Yanhuatlán y San Andrés Sinaxtla, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; escala del eje Y termina en un 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.3. Insectos vivos

En el periodo de evaluación, no se registraron insectos vivos en la plataforma de Santo Domingo Yanhuatlán, lo que refuerza la posibilidad de una baja presencia de *A. obtectus* o *Z. subfasciatus*, las principales plagas del frijol en la región. Sin embargo, en la plataforma de San Andrés Sinaxtla, se observó una muy baja presencia de gorgojos vivos en SMH, mientras que las presencias fueron más elevadas en BPHZ y en el COS, DA. Eso indica que sí hubo presencia de gorgojos en la plataforma de San Andrés Sinaxtla y que los bajos niveles de daños por insectos, así como la baja presencia de estos en los demás tratamientos, se deben a la efectividad de los métodos empleados.

Aunque el *D. ambrosioides* es efectivo contra *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* (Bernardes et al., 2018) gracias a los efectos insecticidas tanto de contacto como fumigante de su aceite esencial (Aros et al., 2019), el tratamiento COS, DA presentó una considerable presencia de gorgojos vivos. Esto probablemente ocurrió por la volatilización de los constituyentes del aceite esencial del epazote, lo

que dejó los granos sin protección y facilitó el desarrollo de los gorgojos, que finalmente dañaron los granos de frijol.

Las bolsas plásticas herméticas son eficientes para el control de los gorgojos del frijol. Las bolsas de marca *GrainPro™* están hechas de una capa plástica de 78 μm , formada por dos películas de polietileno entre las cuales se intercala una capa plástica altamente impermeable al oxígeno y a la humedad (Baoua et al., 2013). Estas bolsas han demostrado ser efectivas en la conservación de granos de maíz (Odjo et al., 2020), leguminosas, garbanzos y diversas variedades de frijol (Baoua et al., 2013). Sin embargo, la BPHZ evaluada en este estudio presentó una alta densidad de gorgojos vivos (ver Tabla 2), lo que puede atribuirse a un insuficiente acondicionamiento de los granos y/o a un cierre inadecuado de la bolsa. Ambas actividades suelen ser problemáticas y afectan la efectividad de las tecnologías herméticas (Odjo et al., 2020). Por lo tanto, es necesario realizar más evaluaciones para confirmar o desmentir estos resultados.



■ **Tabla 2.** Presencia de gorgojos vivos (media $\pm$ desviación estándar) en muestras de 500 g tomadas de los recipientes evaluados en las plataformas poscosecha de Santo Domingo Yanhuitlán y San Andrés Sinaxtla a los 6 meses (180 días) de almacenamiento de los granos.

Tratamientos	Plataforma	Gorgojos de los frijoles (<i>Acanthoscelides obtectus</i> / <i>Zabrotes subfasciatus</i>)
Costal de polipropileno	Santo Domingo Yanhuitlán	0
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	San Andrés Sinaxtla	0
Bolsa plástica hermética de amarre	Santo Domingo Yanhuitlán	0
Bolsa plástica hermética de zíper	San Andrés Sinaxtla	85.3 $\pm$ 41.74
Silo metálico hermético	Santo Domingo Yanhuitlán	0
	San Andrés Sinaxtla	0.7 $\pm$ 0.58
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	Santo Domingo Yanhuitlán	0
Costal de polipropileno con epazote (D. ambrosioides)	Santo Domingo Yanhuitlán	0
	San Andrés Sinaxtla	37.0 $\pm$ 4.58

4. Conclusión

La evaluación de tecnologías herméticas y alternativas (cal micronizada y polvo de epazote) adaptadas para agricultores de transición de la región Mixteca de Oaxaca, con el objetivo de disminuir la pérdida en cantidad y calidad de los granos de

frijol, permitió hacer recomendaciones parciales. La implementación de estas recomendaciones debe acompañarse siempre de la regla de oro del almacenamiento: guardar un grano sano, limpio, seco y fresco en un lugar igualmente seco y fresco.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre las tecnologías de almacenamiento evaluadas en las plataformas poscosecha de Santo Domingo Yanhuitlán y San Andrés Sinaxtla, Oaxaca, después de 6 meses de almacenamiento.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno	El 0.5% de daños por insectos, sin presencia de gorgojos vivos, y el 0.3% de daños por hongos. Efectivo en minimizar las pérdidas de granos bajo las condiciones de estas plataformas. Debido al desempeño de esta tecnología en otras áreas, se requiere mayor investigación.
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	El 1% de daños por insectos, sin presencia de gorgojos vivos, y el 0.8% de daños por hongos. Efectiva, pero no se recomienda porque representa un riesgo para la salud de los agricultores de la Mixteca.
Bolsa plástica hermética de amarre	El 0.6% de daños por insectos, sin presencia de gorgojos vivos, y el 0.5% de daños por hongos. Efectivo en minimizar las pérdidas de granos bajo las condiciones de estas plataformas. Se requiere mayor investigación.



Bolsa plástica hermética de zipper	El 1.3% de daños por insectos alta presencia de gorgojos vivos, y el 0.8% de daños por hongos. Efectivo en minimizar las pérdidas de granos bajo las condiciones de estas plataformas. No obstante, se requiere una mayor investigación debido a la presencia de insectos vivos en esta tecnología.
Silo metálico hermético	El 0.8% de daños por insectos, muy baja presencia de gorgojos vivos, y el 0.6% de daños por hongos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la Mixteca.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 0.7% de daños por insectos, sin presencia de gorgojos vivos, y el 0.2% de daños por hongos. Efectivo en minimizar las pérdidas de granos bajo las condiciones de estas plataformas. Sin embargo, se requiere mayor investigación debido al desempeño de esta tecnología en otras áreas.
Costal de polipropileno con epazote (<i>D. ambrosioides</i>)	El 0.9% de daños por insectos, alta presencia de gorgojos vivos, y el 0.8% de daños por hongos. Efectivo en minimizar las pérdidas de granos bajo las condiciones de estas plataformas. No obstante, debido al rendimiento de esta tecnología en otras áreas, se requiere mayor investigación.

5. Referencias

- Altieri, M.; Fonseca, S.A.; Caballero, J.J. y Hernández, J.J. (2006). *Manejo del Agua y Restauración Productiva en la Región Indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca*. (México D.F.: CEDEC). http://centro.paot.org.mx/documentos/bm/man_agua_res_pro.pdf
- Aros, J.; Silva-Aguayo, G.; Fischer, S.; Figueroa, I.; Rodríguez, M.J.C.; Lagunes-Tejeda, A.; Castañeda-Ramírez, G.S. y Aguilar-Marcelino, L. (2019). Actividad insecticida del aceite esencial del paico *Chenopodium ambrosioides* L. sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* 35(3):282-292. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000504>.
- Baoua, I.B.; Amadou, L.; Lowenberg-DeBoer, J.D. y Murdock, L.L. (2013). Side by side comparison of GrainPro and PICS bags for postharvest preservation of cowpea grain in Niger. *Journal of Stored Products Research* 54: 13-16. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.03.003>
- Bernardes, W.A.; Silva, E.O.; Crotti, A.E.M. y Baldin, E.L.L. (2018). Bioactivity of selected plant-derived essential oils against *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 77: 16-19. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.02.007>
- Haile, A. (2015). Effect of Altitudes/Ecology on Storage Pests Population and their Damage in Eritrea. *Journal of Advanced Biotechnology and Bioengineering* 3(1): 7-13
- Kornegay, J.L. y Cardona, C. (1991). Inheritance of resistance to *Acanthoscelides obtectus* in a wild common bean accession crossed to commercial bean cultivars. *Euphytica*, 52 (2): 103-111. <https://doi.org/10.1007/BF00021322>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Pérez, N.J.L.; Ibarra, R.I.; Frías, P.M.A.; Arroyo, M.M.J. y Pérez, J.P. (2009). Intoxicación letal por inhalación accidental de fosforo aluminico. *Anales de Pediatría* 71(5):427-431.



Tecnologías herméticas y alternativas para disminuir las pérdidas poscosecha en la región del Papaloapan, Oaxaca

Colaboradores	Jonatán Villa Alcántara, Omar Núñez Peñaloza
Institución	Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocón, SPR de RL
Hub	Pacífico Sur
Municipio, Estado	San Juan Cotzocón, Oaxaca
Clima	Subtropical húmedo (Cfa)
Altitud	123 msnm
Temperatura media anual	21.1 °C
Temperatura mínima mensual	13.5 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	30.1 °C (mayo)
Humedad relativa mínima mensual	el 70 % (abril)
Humedad relativa máxima mensual	el 88 % (septiembre)
Precipitación anual	2163 mm
Años de evaluación	2017-2019

1. Introducción

La región Papaloapan se encuentra en el sureste de México y en territorio abarca los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla. Sus principales cultivos son la caña de azúcar, la piña, el limón y el maíz, aunque los rendimientos de este último suelen ser bajos. Además de los bajos rendimientos, los agricultores enfrentan pérdidas poscosecha ocasionadas por hongos, roedores e insectos plaga, como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano de maíz (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada del maíz (*Sitotroga cerealella*). Las condiciones tropicales de la región de Papaloapan favorecen la proliferación de estas plagas, lo que incrementa las pérdidas poscosecha a menos que se adopten métodos de almacenamiento efectivos.

En la actualidad, las plagas poscosecha se controlan principalmente con fosfuro de aluminio, piretroides e insecticidas organofosforados. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos genera resistencia en las plagas, favorece la contaminación

ambiental y afecta la salud de los consumidores. Los agricultores de la región del Papaloapan suelen almacenar sus granos en costales de polipropileno de 50 kg, usados comúnmente con fosfuro de aluminio (1 pastilla por 50 kg). Emplear variedades resistentes a las plagas de almacén, utilizar estructuras de almacenamiento adecuadas y realizar un acondicionamiento correcto de los granos podrían disminuir la pérdida poscosecha hasta en un 60% (García-Lara y Bergvinson, 2007).

Las tecnologías herméticas y algunos de los polvos inertes mencionados han sido implementados progresivamente en las comunidades rurales de México, aunque de manera empírica, sin estudios que avalen su desempeño. Por lo tanto, con el objetivo de identificar tecnologías de manejo poscosecha efectivas y asequibles para los pequeños agricultores de maíz de Papaloapan, se evaluaron tecnologías herméticas y polvos inertes en la plataforma poscosecha de San Juan Cotzocón, Oaxaca.



2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se estableció en el domicilio del productor Eusebio Barbón Casimiro, ubicado en la colonia El paraíso, San Juan Cotzocón, Oaxaca. Los granos almacenados en la región se producen durante los ciclos primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI) con materiales nativos o híbridos, según la preferencia del productor. Los granos almacenados en la plataforma fueron producidos en el ciclo OI. Las siembras se realizaron de forma manual con ayuda de una coa, y las cosechas, de forma mecanizada. No se realizó secado posterior a la cosecha debido a las altas temperaturas de la región (hasta 40°C), lo que permite obtener granos con baja humedad. Posterior a la cosecha, el maíz se desgranó y limpió con una criba de 4.4 mm. El maíz limpio se guardó en costales de polipropileno y se transportó al domicilio del productor para su almacenamiento en un lugar fresco y seco.

En las evaluaciones realizadas entre 2017 y 2019, se utilizaron los híbridos ASGROW 7573, Nv 15 (Novasem) y SKW 502 (Reycoll Seeds), respectivamente. La variedad ASGROW 7573, almacenada en 2017, se sembró el 20 de noviembre de 2016 y se cosechó el 28 de abril de 2017; la variedad Nv 15 almacenada en 2018 se sembró el 19 de noviembre de 2017 y se cosechó entre el 20 y 30 de abril de

2018 y la variedad SKW 502 almacenada en 2019 se estableció el 29 de noviembre de 2018 y se cosechó del día 04 de mayo de 2019.

El área experimental de la plataforma se encontraba junto a la casa del productor. Contaba con un techo de lámina galvanizada, paredes cubiertas de malla sombra y plástico, piso de tierra nivelado, postes de concreto y fácil acceso. Asimismo, se utilizó como lugar de demostración, difusión y capacitación para agricultores y técnicos. Los tratamientos se colocaron sobre tarimas de madera individuales, a 20 cm del nivel del suelo y equidistantes a 50 cm entre sí. Los costales se apilaron verticalmente

Las tecnologías evaluadas durante los tres años se clasifican en: convencionales, herméticas, alternativas y polvos inertes (ver Tabla 1). Las dos tecnologías herméticas (Silo Metálico Hermético –SMH– y Bolsa Plástica Hermética de Amarre –BPHA–), las ocho tecnologías alternativas y polvos inertes (ver Tabla 1) se compararon con la práctica convencional de la región, que consiste en almacenar granos con fosforo de aluminio en una dosis de una pastilla por 50 kg de grano almacenado en un costal de polipropileno (COS, PAS). El experimento siguió un diseño completamente aleatorio con tres repeticiones.

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento y acondicionamiento evaluadas en la plataforma de San Juan Cotzocón, Oaxaca.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años evaluados		
				2017	2018	2019
Tecnología convencional	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosforo de aluminio (1 pastilla/50 kg)	1, 4, 6	3, 6	6
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética (amarre)	Ninguno	1, 4, 6	3, 6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	1, 4, 6	3, 6	6
Tecnologías herméticas Alternativas	BPC	Bolsa plástica calibre 600	Ninguno	-	3, 6	-
	BPET	Botella de PET	Ninguno	-	3, 6	6
	BPS	Bolsa plástica estándar	Ninguno	-	-	6



Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	1, 4, 6	-	-
	COS, CE2	Costal de polipropileno	Cal estándar (2 g/kg)	-	-	6
	COS, CE4	Costal de polipropileno	Cal estándar (4 g/kg)	-	-	6
	COS, CE6	Costal de polipropileno	Cal estándar (6 g/kg)	-	-	6

Cada año evaluado, previo al establecimiento de los tratamientos, se señaló la humedad y la temperatura del grano con un determinador de humedad John Deere Moisture Check Plus SW08120. De igual manera, se realizaron pruebas de hermeticidad a los recipientes herméticos (SMH y BPHA) y se adquirieron costales nuevos para garantizar su efectividad.

Las evaluaciones se realizaron entre 2017 y 2019. En 2017, el ensayo se estableció el 21 de junio, y se evaluaron dos tecnologías herméticas (SMH y BPHA), una tecnología alternativa (COS, CM4) y una tecnología convencional (COS, PAS). Las evaluaciones se realizaron al mes (30 días), a los 4 meses (120 días) y a los 6 meses (180 días). En 2018, el tratamiento alternativo COS, CM4 se sustituyó por los tratamientos alternativos BPC y BPET. El ensayo comenzó el 7 de junio del 2018, con evaluaciones a los 3 meses (90 días) y 6 meses (180 días). En 2019, el ensayo se estableció el 7 de junio, y se realizó

una única evaluación a los 6 meses (180 días). En este ensayo, se mantuvieron las tecnologías herméticas y la convencional, y se sustituyeron las Bolsas Plásticas de Calibre 600 por los tratamientos COS, CE y TPC; asimismo, se mantuvieron las botellas de PET evaluadas en 2018.

Cada año se tomaron datos al inicio del ensayo para caracterizar el estado inicial del grano almacenado. Posteriormente, se registraron datos en los momentos de evaluación indicados en la Tabla 1. Los tratamientos se compararon principalmente con base en los datos de porcentajes de daños por insectos, porcentajes de daños por hongos y presencia de insectos vivos en los recipientes a los 180 días. Las variables se estimaron a partir de submuestras de 500 g, y las comparaciones de los tratamientos se realizaron por medio del análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).



3. Resultados y discusión

3.1. Daños por insectos

Los granos almacenados en los tres años de evaluación estuvieron casi libres de daños por insectos al inicio de los ensayos. La muestra de 2017 tuvo un 0.4% de daños por insectos, mientras que no se registró daño en las muestras de 2018 y 2019. Esto indica que se garantizó el almacenamiento de un grano sano, y se cumplió la regla de oro del almacenamiento.

En 2017, el daño por insectos del tratamiento convencional fue significativamente mayor que los daños de las demás tecnologías evaluadas, el cual superó el 45% respecto al daño inicial ($P < 0.001$) (véase Figura 1). Las tecnologías herméticas y la alternativa COS, CM4 resultaron efectivas al mantener la calidad del grano con niveles de daños por insectos similares a los valores iniciales.

En 2018, los daños por insectos variaron significativamente entre los recipientes ($P < 0.001$). La tecnología BPHA mostró el mejor desempeño, cuyo daño fue similar al nivel del inicial. En todas las tecnologías, los daños por insectos fueron menores al 3%. En consideración con los resultados de los otros años, principalmente en COS, PAS, es probable que se debiera a una baja incidencia de los insectos plaga en ese año y/o el posible efecto del híbrido Novasem. La variabilidad genética es uno de los factores determinantes de la susceptibilidad de los granos a las plagas, y el uso de variedades resistentes es una de las mejores alternativas utilizadas para disminuir el uso de los insecticidas sintéticos en el control del gorgojo (Nwosu, 2018), el insecto-plaga de mayor incidencia en la región de Papaloapan (ver Tabla 2).

En 2019, los niveles de daños de los tratamientos también mostraron diferencias significativas

($P < 0.001$). Las tecnologías herméticas y las alternativas presentaron daños por insectos similares entre sí y al nivel de daño inicial, lo que confirma su efectividad para el control de las plagas insectiles. Al igual que en los años anteriores, los granos de la práctica convencional presentaron más daños por insectos (un 31.3%) que las tecnologías herméticas y alternativas. Contrariamente a lo esperado, la práctica convencional COS, PAS resultó ineficiente al mostrar altos niveles de daños por insectos (un 46.3% en 2017 y un 31.3% en 2019). Varios factores intervienen en la susceptibilidad de los granos a la fosfina, entre ellos la especie, la temperatura y la etapa de vida del insecto plaga (Hole et al., 1976). Las etapas de huevos y pupas son más resistentes a la fosfina que las etapas de larvas y adultos. Por ello, su efectividad depende más de la duración de la exposición de esas etapas de desarrollo, a las concentraciones letales del producto (Reed y Pan, 2000).

La temperatura es un factor clave en este proceso. Si bien las altas temperaturas reducen la duración de cada etapa de desarrollo de los insectos, aumentando la exposición de las larvas y adultos, también estas aceleran la disipación de la fosfina. A temperaturas superiores a 30°C, la fosfina se pierde rápidamente (Reed y Worman, 1993), lo que pudo haber ocurrido en el tratamiento COS, PAS, ya que las temperaturas iniciales de los granos almacenados entre 2017 y 2019 superaron los 30°C, con los valores de 34.1°C, 32.4°C y 33.3°C, respectivamente. Es probable que las etapas larvales y adultas de los insectos registrados en el tratamiento COS, PAS no estuvieron suficientemente expuestas a la fosfina por su rápida disipación, lo que permitió que las plagas dañaran continuamente a los granos.

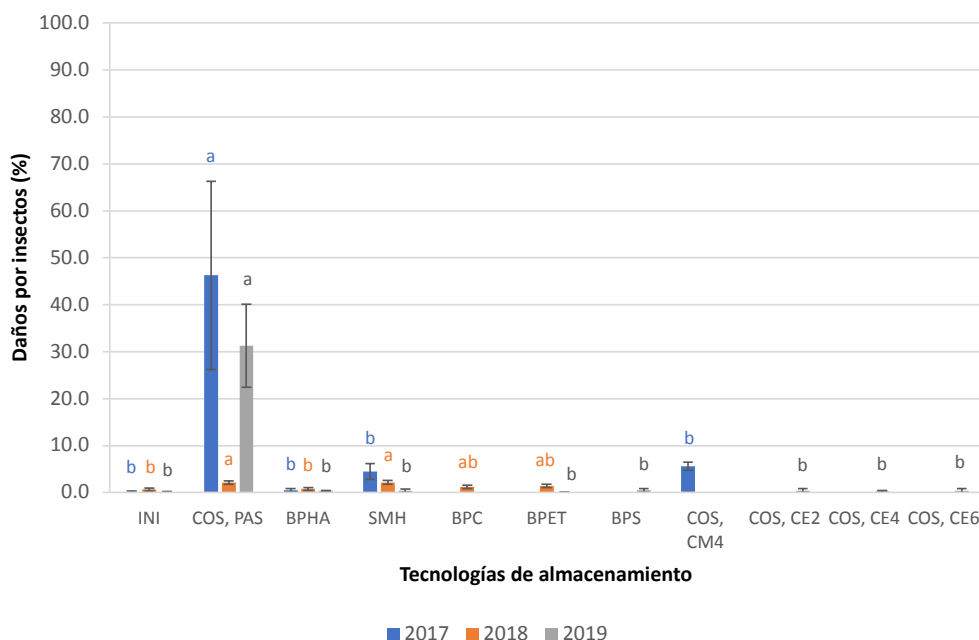


Figura 1. Daños por insectos en granos almacenados por seis meses (180 días) en tratamientos evaluados de 2017 a 2019, en la plataforma poscosecha en San Juan Cotzocón, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.2. Daños por hongos

En 2017, los daños por hongos en los tratamientos fueron significativamente diferentes ($P=0.043$). Las tecnologías herméticas presentaron daños similares a los observados en la práctica convencional y al nivel de daño inicial, lo que indica que estas tecnologías mantuvieron el estado inicial del grano. Por otra parte, los daños por hongos en COS, CM4 fueron significativamente mayores al nivel de daño inicial, lo que sugiere que la cal micronizada a una dosis de 4 g/kg no fue efectiva para conservar el estado inicial del grano almacenado.

En 2018, los daños por hongos entre los tratamientos fueron significativamente diferentes ($P=0.014$). Todos los tratamientos, excepto el SMH, presentaron daños por hongos similares al nivel de daño inicial. Al igual que los daños por insectos,

los daños por hongos en ese año fueron bajos en todos los tratamientos ($< a$ un 6 %), lo que reforzó la idea del efecto de la variedad utilizada o de la baja incidencia de plagas insectiles y hongos en ese año.

De forma similar a los años anteriores, los daños por hongos de los tratamientos evaluados en 2019 fueron significativamente diferentes ($P=0.006$). Las tecnologías herméticas, como el SMH, la BPHA y la hermética alternativa BPET, demostraron ser eficientes para el control de hongos. Asimismo, las bolsas plásticas estándar y las dos dosis de cal estándar (COS, CE2 y COS, CE4) fueron efectivas. En cuanto a la cal estándar, la dosis de 4 g/kg fue tan efectiva como la de 6 g/kg, lo que indica que 4 g de cal estándar por kilogramo de grano son suficientes para preservar los granos de los daños por causados hongos.

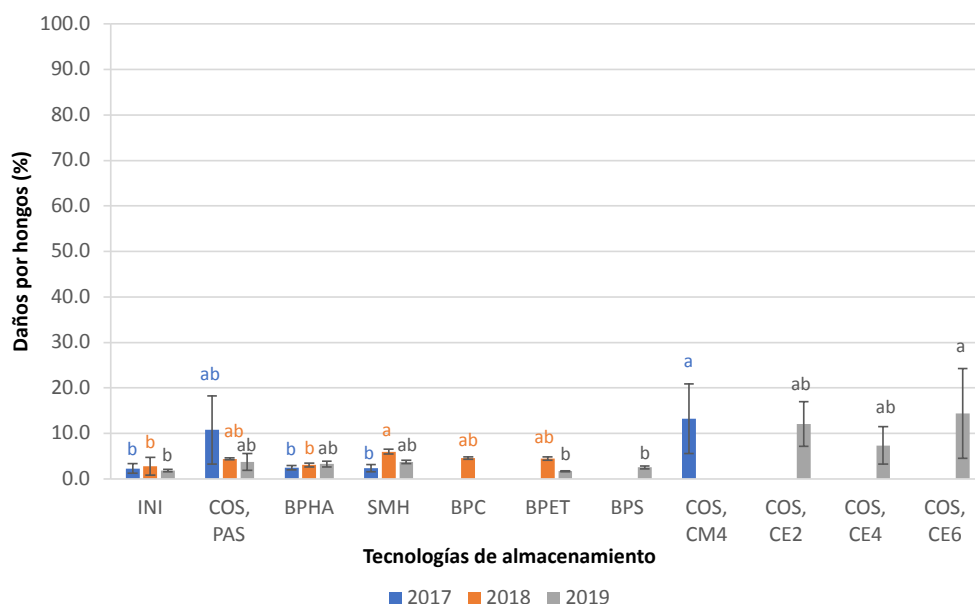


Figura 2. Daños por hongos en granos almacenados por seis meses (180 días) en los tratamientos evaluados de 2017 a 2019 en la plataforma poscosecha en San Juan Cotzocón, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.3. Insectos vivos

Durante el periodo de evaluación, se registró una presencia considerable de insectos en los recipientes, *S. zeamais* fue el insecto de mayor incidencia en todos los años (ver Tabla 2). Esta clase de insecto se registró en todos los recipientes excepto en COS, CE6, mientras que *P. truncatus* estuvo presente en cinco tratamientos (en baja densidad en COS, PAS, SMH, BPC y BPET, y alta densidad en COS, CM4). *S. cerealella* solo estuvo presente en baja densidad en COS, PAS y COS, CM4.

En el tratamiento COS, PAS, se observó una alta incidencia de *S. zeamais* y bajas incidencias de *P. truncatus* y *S. cerealella*. Estos resultados coincidieron con los altos daños por insectos observados en este tratamiento (véase Figura 1), además de confirmar su inesperada, pero explicable, ineficacia. La baja densidad de *S. zeamais* en este tratamiento en 2018 refuerza la hipótesis de una baja incidencia de plagas en ese año o un posible efecto del híbrido Novasem.

Las tecnologías herméticas y la alternativa basada en el principio de hermeticidad (BPET) no registraron presencia de *S. cerealella*, y las presencias de *S. zeamais* y *P. truncatus* fueron muy bajas. Esto, sumado a los bajos daños por insectos y hongos, indica que los garrafones de PET son recipientes herméticos viables para la conservación de granos en la región del Papaloapan.

La bolsa plástica estándar (BPS), a pesar de presentar bajos daños por insectos y hongos, tuvo una presencia considerable de gorgojos que probablemente dañarán los granos al final. De igual manera, la bolsa plástica calibre 600 presentó bajos daños de insectos y hongos, pero registró presencias de *S. zeamais* y *P. truncatus*. Esos insectos, al no tener un factor limitante en su desarrollo en ambos recipientes, incrementarán sus poblaciones y dañarán los granos con el tiempo. Por lo tanto, ambas alternativas solo pueden ser consideradas para almacenamientos de corta duración.



El tratamiento COS, CM4 no fue efectivo en el control de las plagas, ya que permitió una alta presencia de *S. zeamais* y *P. truncatus*, baja presencia de *S. cerealella* y un elevado daño por hongos. Sin embargo, la efectividad de la cal micronizada en el control de plagas insectiles y hongos poscosecha

está documentada, y una mayor dosis sería probablemente más eficaz. Se requieren de estudios adicionales que consideren diferentes dosis para evaluar su efecto en las plagas poscosecha en las condiciones de Papaloapan.

■ **Tabla 2.** Presencia de insectos vivos (media $\pm$ desviación estándar) en muestras de 500 g tomadas de los recipientes a los 6 meses (180 días) de almacenamiento de los granos.

Tratamientos	Años	Insectos vivos		
		Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	Barrenador grande de los granos (<i>Prostephanus truncatus</i>)	Palomilla dorada del maíz (<i>Sitotroga cerealella</i>)
Costal de polipropileno con pastilla de fosfuro de aluminio	Promedio	104.3	2.8	0.3
	2017	233.2 $\pm$ 186.99	7.0 $\pm$ 12.12	0.3 $\pm$ 0.58
	2018	10.0 $\pm$ 12.73	0	0.5 $\pm$ 0.71
	2019	69.7 $\pm$ 6.66	1.3 $\pm$ 2.31	0
Bolsa plástica hermética de amarre (BPHA)	Promedio	0.1	0	0
	2017	0	0	0
	2018	0	0	0
	2019	0.3 $\pm$ 0.58	0	0
Silo metálico hermético (SMH)	Promedio	0.6	0.1	0
	2017	0	0	0
	2018	0	0.3 $\pm$ 0.58	0
	2019	1.7 $\pm$ 2.08	0	0
Bolsa plástica calibre 600 (BPC)	Promedio	1.3	0.3	0
	2018	1.3 $\pm$ 1.53	0.3 $\pm$ 0.58	0
Botella de PET (PPET)	Promedio	0.2	0.4	0
	2018	0	0	0
	2019	0.3 $\pm$ 0.58	0.7 $\pm$ 1.15	0
Bolsa plástica estándar (BPS)	Promedio	9.7	0	0
	2019	9.7 $\pm$ 16.74	0	0
Costal de polipropileno con cal micronizada 4 g/ kg (COS, CM4)	Promedio	39.8	19.2	1.0
	2017	39.8 $\pm$ 32.93	19.2 $\pm$ 22.08	1.0 $\pm$ 1.73
Costal de polipropileno con cal estándar 2 g/kg (COS, CE2)	Promedio	2.7	0	0
	2019	2.7 $\pm$ 3.80	0	0
Costal de polipropileno con cal estándar 4 g/kg (COS, CE4)	Promedio	0.3	0	0
	2019	0.3 $\pm$ 0.58	0	0
Costal de polipropileno con cal estándar 6 g/kg (COS, CE2)	Promedio	0	0	0
	2019	0	0	0



Los demás momentos de evaluación presentaron tendencias similares a las observadas a los seis meses. En 2017, la práctica convencional presentó diferentes niveles de daños en los tres momentos de evaluación, con valores del 5% a los 30 días, del 48.6% a los 120 días y del 46.3% a los 180 días. Los daños por hongos fueron del 0.5% a los 30 días y del 10.8% tanto a los 120 como a los 180 días. Se concluye que el incremento de daños, tanto por insectos como por hongos, ocurre principalmente en los primeros cuatro meses, ya que los niveles de daño de los últimos dos momentos de evaluación (cuatro y seis meses) fueron similares. Con relación a la presencia de insectos vivos en la práctica convencional, a los 30 días se registraron solo gorgojos vivos (48.7), el cual aumentó a 198.33 a los 120 días y 233.2 a los 180 días. A los 120 días no se observaron palomillas y la muestra tuvo en promedio 10.67 barrenadores. En 2018, los daños por insectos incrementaron del 0.7% a los 90 días al 2.2% a los 180 días. Los daños por hongos se mantuvieron constantes en ambos momentos. No se registraron insectos vivos en este recipiente a los 3 meses.

En cuanto a las tecnologías herméticas, en 2017, a los 30 días, los granos almacenados en la bolsa plástica hermética de amarre y en el silo metálico hermético estuvieron muy conservados, sin daños por insectos y con pocos daños por hongos (el 0.5% y el 1.1%, respectivamente para BPHA y SMH), baja presencia de gorgojos (el 0.3% y el 0.7%, respectivamente para BPHA y SMH) y sin presencia de

barrenadores ni palomillas vivas. A los 120 días, no se registraron insectos vivos en ambas tecnologías, y los daños por insectos (el 1.6% para BPHA y el 3.2% para SMH) y hongos (el 2.5% para BPHA y el 3.3% para SMH) se mantuvieron bajos como a los 180 días (véanse Figuras 1 y 2).

En 2017, los granos almacenados con cal micronizada (4 g/kg de grano) estaban bien conservados a los 30 días, con pocos daños por insectos y hongos, y baja densidad de gorgojos vivos. Sin embargo, a los 120 días, los daños por insectos aumentaron del 1% a los 30 días al 21.1% a los 120 días. Los daños por hongos también incrementaron con el tiempo, ya que pasaron del 0.3% a los 30 días al 5.4% a los 120 días y del 13.2% a los 180 días.

En cuanto a la bolsa plástica calibre 600 evaluada en 2018, se observó un ligero incremento de los daños por insectos de los 90 a los 180 días, mientras que los daños por hongos se mantuvieron constantes. La presencia de insectos vivos fue baja en ambos momentos de evaluación. La alternativa de almacenamiento hermético con botella de PET demostró ser efectiva. Los daños por insectos se mantuvieron constantes en los diferentes periodos de evaluación, con valores del 1% a los 90 días y del 1.5% a los 180 días. De igual manera, los daños por hongos de este recipiente fueron similares en ambos momentos de evaluación, con valores del 3% y del 4%, respectivamente.

4. Conclusión

La evaluación de tecnologías herméticas y alternativas en la plataforma poscosecha San Juan Cotzocón, Oaxaca, de 2017 a 2019, permitió llegar a recomendaciones viables para los agricultores de transición de la región del Papaloapan para el alma-

cenamiento del maíz. La implementación de estas recomendaciones debe seguir la "regla de oro" del almacenamiento de granos, que establece que el grano almacenado debe ser sano, limpio, seco y fresco y el lugar de almacenamiento, seco y fresco.

■ **Tabla 3.** Resumen de resultados promedios y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de su uso en la plataforma poscosecha de San Juan Cotzocón, Oaxaca.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	El 26.6% de daños por insectos, el 6.3% de daños por hongos y una alta presencia de insectos vivos. Inefectiva y representa un riesgo para la salud. No recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.
Bolsa plástica hermética de amarre	El 0.5% de daños por insectos, el 3% de daños por hongos y una muy baja presencia de gorgojos vivos, sin presencia de palomillas y barrenadores vivos. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.



Silo metálico hermético	El 2.3% de daños por insectos, el 4% de daños por hongos, con muy baja presencia de gorgojos y barrenadores vivos, y sin presencia de palomillas vivas. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.
Bolsa plástica calibre 600	El 1.2% de daños por insectos, el 4.6% de daños por hongos, sin presencia de palomillas vivas y con muy baja presencia de gorgojos y barrenadores vivos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan para cortos periodos de almacenamiento cuando no se dispone de tecnologías herméticas.
Botella de PET	El 0.7% de daños por insectos, el 3% de daños por hongos, sin presencia de palomillas vivas y con muy baja presencia de gorgojos y barrenadores vivos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan para cortos periodos de almacenamiento cuando no se dispone de tecnologías herméticas.
Bolsa plástica estándar	El 0.5% de daños por insectos, 2.3% de daños por hongos y moderada presencia de gorgojos. Efectiva contra insectos y poco efectiva contra los hongos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan para cortos periodos de almacenamiento cuando no se dispone de tecnologías herméticas.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 5.6% de daños por insectos, el 13.2% de daños por hongos, con alta presencia de gorgojos y barrenadores vivos, y baja presencia de palomillas vivas. No efectiva y no recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.
Costal de polipropileno con cal estándar (2 g/kg)	El 0.4% de daños por insectos, el 12.1% de daños por hongos, con baja presencia de gorgojos vivos, sin presencia de palomillas y barrenadores vivos. Efectiva contra insectos y poco efectiva contra los hongos. No recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.
Costal de polipropileno con cal estándar (4 g/kg)	El 0.3% de daños por insectos, el 7.4% de daños por hongos, con baja presencia de gorgojos vivos y sin presencia de palomillas ni barrenadores vivos. Efectiva contra insectos, pero poco efectiva contra hongos. No recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan cuando no se dispone de tecnologías herméticas.
Costal de polipropileno con cal estándar (6 g/kg)	El 0.4% de daños por insectos, el 14.4% de daños por hongos y sin presencia de insectos vivos. Muy efectiva contra insectos y poco efectiva contra los hongos. No recomendada para los agricultores de la región del Papaloapan.

5. Referencias

- García-Lara, S. y Bergvinson, D. J. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica En México*, 33, 181–189
- Hole, B.D.; Bell, C.H.; Mills, K.A. y Goodship, G. (1976). The toxicity of phosphine to all developmental stages of thirteen species of stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 12: 235-244. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(76\)90039-4](https://doi.org/10.1016/0022-474X(76)90039-4)
- Nwosu, L.C. (2018). Maize and the maize weevil: advances and innovations in postharvest control of the pest. *Food Quality and Safety*, 2(3): 145–152. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy011>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Reed, C. y Pan, H. (2000). Loss of phosphine from unsealed bins of wheat at six combinations of grain temperature and grain moisture content. *Journal of Stored Products Research*, 36(3): 263-279. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00049-1)
- Reed, C. y Worman, F. (1993). Quality maintenance and marketing of wheat stored on farms and in elevators in Kansas: Description, techniques, and innovations. Kansas Ag. Exp. Station Bull 660 Manhattan.



Evaluación de las tecnologías herméticas y otras alternativas de almacenamiento para reducir pérdidas poscosecha en la región de la Costa, Oaxaca

Colaboradores	Omar Francisco Sánchez Ríos y Katy Guadalupe Gutiérrez López
Institución	Sociedad Agroecológica de la Costa de Oaxaca SPR de RL Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 37
Hub	Pacífico Sur
Municipio, Estado	San Pedro Pochutla, Oaxaca
Clima	Tropical (Am)
Altitud	150 msnm.
Temperatura media anual	25.4 °C
Temperatura mínima mensual	21.7 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	29.2 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 69 % (febrero, marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 86 % (septiembre)
Precipitación anual	3070 mm
Años de evaluación	2018-2020

1. Introducción

En la costa oaxaqueña, la agricultura de subsistencia se lleva a cabo mediante la práctica de la roza-tumba-quema (RTQ). Este sistema agrícola consiste en talar y quemar bosques para utilizar la tierra en cultivos (Edivaldo y Rosell, 2020). Por diversas razones sociales y económicas, ese sistema ha sido reemplazado en la mayoría de los trópicos (Juo y Manu, 1996). En la costa de Oaxaca, su reemplazo se debe a la creciente escasez de tierras cultivables (Ceja, 2011). A causa de la falta de terrenos para la rotación de cultivos, los agricultores han reducido los periodos de descanso de la tierra, lo que dificulta su recuperación y provoca la degradación de los suelos, y hace que el sistema RTQ sea cada vez menos productivo e insostenible (Aguilar Vásquez et al., 2019).

Las condiciones de altas temperaturas y humedad en los trópicos húmedos favorecen la propagación de plagas y enfermedades, lo que resulta en altas pérdidas poscosecha de hasta el 40 % en las

regiones tropicales de México (Odjo et al., 2020). Estas se deben principalmente a plagas como roedores, hongos e insectos, entre los que destacan el gorgojo (*Sitophilus zeamais*), el barrenador (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*). Tradicionalmente, los agricultores de la costa almacenan sus granos en costales de polipropileno, añadiendo con cal estándar (4 g/kg de granos) o una pastilla de fosforo de aluminio (1 pastilla/50 kg). También, usan recipientes plásticos, silos metálicos no herméticos y la cal estándar como acondicionador. Sin embargo, estas prácticas no son suficientemente efectivas para reducir las pérdidas poscosecha.

El fosforo de aluminio, cuyo ingrediente activo es el gas fosfina (PH_3), es eficaz y económico, pero representa un peligro para la salud de los consumidores (Farahani et al., 2016). Además, los agricultores suelen alimentar a su ganado con los granos dañados, lo que los expone a la contaminación



por micotoxinas al ingerir la leche y la carne de los animales. Las micotoxinas, producidas por hongos como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, contaminan los granos (Neme & Mohammed, 2017; Odjo et al., 2022). Por ello, es necesario explorar alternativas más seguras y eficaces para controlar las plagas poscosecha en los almacenes de los agricultores de la costa oaxaqueña.

Las tecnologías herméticas, como las bolsas plásticas herméticas y los silos metálicos herméticos, son una opción eficaz para reducir tanto las pérdidas de granos como la posible exposición a las micotoxinas (Namusalisi et al., 2018). Estas tecnologías se

basan en el principio de hermeticidad (ausencia de oxígeno), que algunos agricultores han adoptado empíricamente con el uso de botellas y garrafones de PET sin evaluación previa. Otras alternativas viables para los agricultores de la región son los polvos inertes, como la tierra de diatomeas y la cal micronizada.

Este trabajo evaluó, en San Pedro Pochutla, Oaxaca, las tecnologías mencionadas anteriormente para identificar opciones eficaces para reducir las pérdidas poscosecha de granos y la contaminación por micotoxinas entre los agricultores de autoconsumo de la región de la costa de Oaxaca.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se estableció en la comunidad de El Zapotal, municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca. El maíz se produce principalmente para su autoconsumo, y los agricultores acostumburan a utilizar materiales híbridos, sembrados entre julio y agosto, dependiendo de la precipitación. Cuando el cultivo de maíz alcanza su madurez fisiológica, se realiza la “dobla” entre el 15 y el 30 de noviembre, para evitar ataques de hongos y aves a la mazorca. Posteriormente, la cosecha se lleva a cabo de forma manual entre diciembre y enero. Las mazorcas se amontonan a un costado de la parcela donde se deshojan y desgranar; posteriormente, los granos se trasladan a la casa del productor. Los materiales utilizados en la plataforma de 2018 a 2020 fueron los híbridos blancos VS-536, SKW-502 y H-565, respectivamente.

La plataforma poscosecha fue un espacio de 18 m² con piso de tierra, paredes de madera y techado con lámina de zinc. El área está rodeada por árboles de caobilla y especies de selva baja caducifolia. Tiene una ventilación adecuada, con aperturas cenitales y laterales (ventanas abiertas), y los recipientes están protegidos del sol y la lluvia. Los tratamientos se

dispusieron con una separación de 0.5 m entre ellos y a 1.0 m de distancia de las paredes. Los recipientes fueron acomodados sobre tarimas de madera de 25 cm de altura.

De 2018 a 2020, se evaluó una tecnología convencional, dos herméticas y seis alternativas (ver Tabla 1). En el primer año, los recipientes herméticos (silo metálico hermético –SMH– y bolsa plástica hermética de amarre –BPHA–) y las botellas de PET que implementan empíricamente el principio de hermeticidad (ausencia de oxígeno), se compararon con la práctica convencional COS, CE4 (4 g/kg de grano). En 2019, se incorporó la cal micronizada y se evaluó las dosis de 4 g/kg de grano (COS, CM4) y 6 g/kg de grano (COS, CM6), además de considerar otra dosis de 6 g/kg de grano de cal estándar (COS, CE6). En 2020, se mantuvieron los tratamientos COS, CE4, BPHA, COS, CM4 y se incluyeron la tierra de diatomeas (COS, TD4) y la hierba santa (COS, PA1). El experimento siguió un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados cada año y sus respectivos tiempos de almacenamiento se detallan en la Tabla 1.



■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento y acondicionamiento evaluadas en la plataforma de San Pedro Pochutla, Oaxaca.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación		
				2018	2019	2020
Tecnología convencional	COS, CE4	Costal de polipropileno	Cal estándar (4 g/kg de grano)	3, 6	6	6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	3, 6	6	-
	BPHA	Bolsa plástica hermética (amarre)	Ninguno	3, 6	6	6
Tecnologías herméticas alternativas	BPET	Botella de PET	Ninguno	3, 6	6	-
Polvos inertes	COS, CE6	Costal de polipropileno	Cal estándar (6 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	-	6	6
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD4	Costal de Polipropileno	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	-	-	6
Polvo vegetal	COS, PA1	Costal de Polipropileno	Piper auritum (1 g/kg de grano)	-	-	6

Cada año, previo al establecimiento de los tratamientos, se midió la humedad y temperatura del grano con un determinador de humedad John Deere Moisture Check Plus SW08120. Se verificó también la hermeticidad de los recipientes basados en ese principio (SMH, BPHA y BPET) y se adquirieron costales nuevos para garantizar su efectividad.

Los tratamientos se evaluaron basándose en datos de porcentaje de daños por insectos, porcentaje de

daños por hongos y presencia de insectos vivos en los recipientes a los 180 días. Los datos se obtuvieron de la caracterización de submuestras de 500 g tomadas al inicio del experimento y en los respectivos momentos de evaluación indicados en la Tabla 1. Las comparaciones de los tratamientos se realizaron por medio de un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).



3. Resultados y discusión

3.1. Daños por insectos

En los 3 años de evaluación, los granos utilizados cumplieron la regla de oro de sanidad, con daños por insectos promedios de 1.2%, 0.7% y 2.7%, respectivamente. En 2018, los daños por insectos fueron significativamente diferentes ($P < 0.001$; Figura 1). Los daños por insectos de los recipientes herméticos fueron similares a los daños iniciales. La cal estándar en una dosis de 4g/kg de granos no fue eficaz, presentando daños significativamente mayores. En ese mismo año, los daños por insectos de la BPET se mantuvieron constantes de los 3 a los 6 meses. En BPHA, los daños por insectos incrementaron de 3.1% a 5.2%. De igual manera, en los silos se observó un ligero incremento de los daños por insectos de 5.2% a 7.3%. La cal estándar ya presentaba altos daños por insectos a los 3 meses (20.1%), el cual se incrementó significativamente a 36.7% a los 6 meses (Figura 1).

rentes dosis (4 g/kg de grano y 6 g/kg de grano) de polvos inertes, pero la diferencia entre los daños de ambos tipos tecnologías no llega a ser significativa ($P = 0.232$). En 2020, los daños por insectos fueron significativamente diferentes ($P < 0.001$). La bolsa plástica hermética (BPHA) y los polvos inertes (COS, CE4, COS, TD4) fueron efectivos y presentaron niveles de daños por insectos similares a los iniciales. COS, CM4 presentó daños por insectos mayores que los valores iniciales pero menores al 10%, pudiendo ser una opción viable si no se dispone de tecnologías herméticas. La hierba santa (COS, PA1) fue inefectiva contra insectos presentando niveles de daños significativamente mayores a todas las tecnologías evaluadas y a los niveles de daños iniciales. En todo el periodo de evaluación, las tecnologías herméticas incluyendo BPET sobresalen por mantener los granos a niveles de daños similares a los iniciales.

En 2019, las tecnologías herméticas tendieron a presentar menor daños por insectos que las dife-

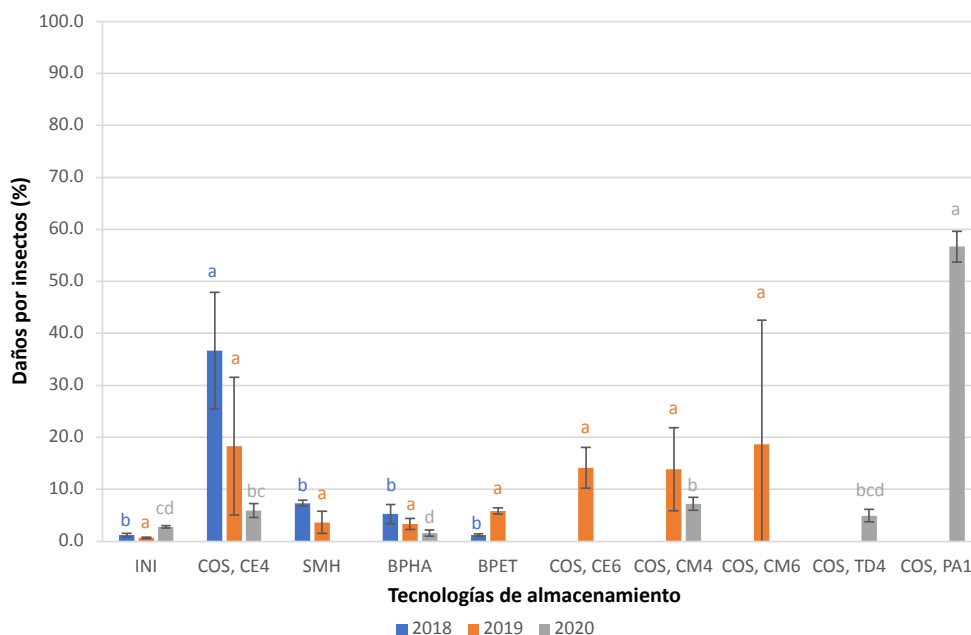


Figura 1. Daños por insectos en granos almacenados por 6 meses (180 días) en tratamientos evaluados de 2018 a 2020 en la plataforma poscosecha en San Pedro Pochutla, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2. Daños por hongos

Al inicio del almacenamiento, los granos presentaron bajos niveles de daños por hongos (el 1%). En 2018, las tecnologías evaluadas mostraron daños por hongos similares al nivel inicial, con excepción de BPET ($P=0.005$). Los daños en BPET se incrementaron del 3.4% a los 3 meses al 6.7% a los 6 meses, aunque se mantuvieron relativamente bajos (menor al 7%). Las tecnologías herméticas validadas fueron más eficientes. Los niveles de daños, tanto de BPHA como de SMH a los 3 y 6 meses, fueron similares a los iniciales, con los valores del 2.5% y del 5%, respectivamente. De igual manera, en ambos periodos de evaluación, la cal estándar mantuvo niveles de daños por hongos similares a los iniciales, con un promedio de daños del 2.5%.

En 2019, los daños por hongos también difirieron significativamente entre las tecnologías ($P < 0.001$).

Los daños de los granos almacenados en BPET fueron similares a los valores iniciales, a los de las tecnologías herméticas (SMH y BPHA) y las alternativas COS, CE6, COS, CM6. La cal estándar y la cal micronizada a una dosis de 4 g/kg (COS, CE4 y COS, CM4) presentaron daños por hongos significativamente mayores que los valores iniciales, mientras que sus análogos con la dosis de 6 g/kg (COS, CE6 y COS, CM6) fueron más eficaces, y presentaron niveles de daños por hongos similares a los iniciales.

En 2020, los recipientes presentaron bajos niveles de daños por hongos (menores al 5%), con diferencias significativas ($P=0.006$). Excepto COS, CE4, todos los recipientes presentaron niveles de daños similares a los iniciales.

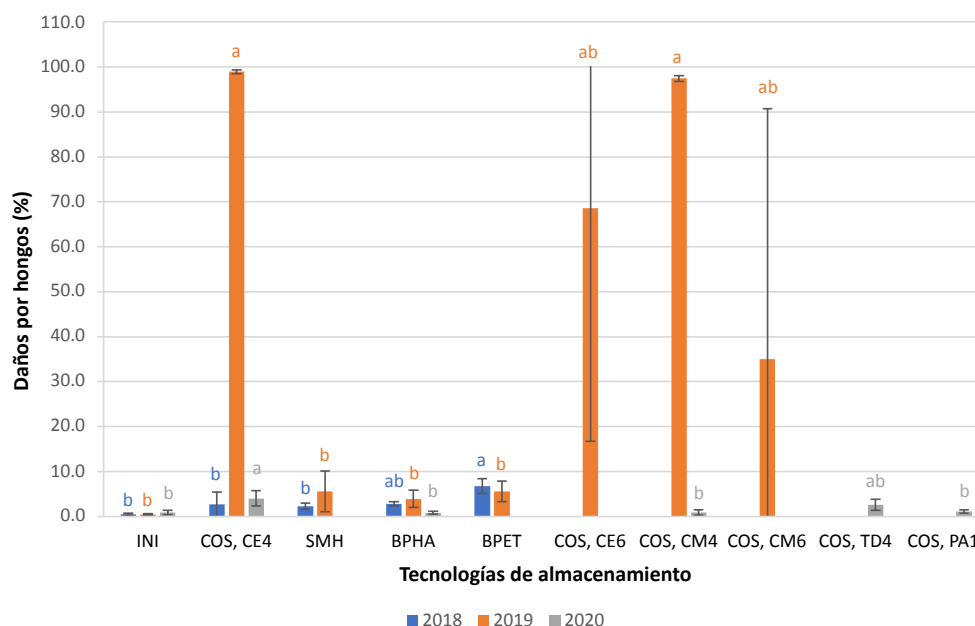


Figura 2. Daños por hongos en granos almacenados por 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados de 2018 a 2020 en la plataforma poscosecha en San Pedro Pochutla, Oaxaca. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos del mismo año por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.3. Insectos vivos

Durante los tres años, no se registró la presencia de palomillas vivas. La práctica convencional (COS, CE4) presentó altas incidencias de *S. zeamais* y *P. truncatus* (ver Tabla 2), lo que explica los altos niveles de daños por insectos (el 20.3%) y hongos (el 35.22%) registrados. Con el aumento de la dosis de cal estándar a 6 g/kg, no se registraron gorgojos vivos y la presencia de barrenadores fue baja, lo que reflejó menores daños por insectos y hongos. Los recipientes herméticos (SMH, BPHA y BPET) tuvieron muy baja presencia de gorgojos y barrenadores, lo que coincidió con el excelente estado de conservación de los granos durante todo el periodo de evaluación.

Las dos dosis de cal micronizada (COS, CM4 y COS, CM6) presentaron una baja presencia de gorgojos vivos, pero una alta presencia de barrenadores vivos, lo que explica los altos niveles de daños por insectos de estas alternativas. La tierra de diatomeas, en una dosis de 4 g/kg, fue eficaz, ya que tuvo una baja densidad de barrenadores, sin presencia de gorgojos y con bajos niveles de daños por insectos y hongos. Por otro lado, la hierba santa (1 g/kg) resultó ineficiente, ya que presentó una muy alta densidad de gorgojos vivos, alta densidad de barrenadores vivos, alto nivel de daños por insectos y bajo nivel de daños por hongos.

■ **Tabla 2.** Presencia de insectos vivos (Media $\pm$ Desviación estándar) en muestras de 500 g tomadas de los recipientes a los 6 meses (180 días) de almacenamiento de los granos.

Tratamientos	Años	Insectos vivos		
		Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	Barrenador grande de los granos (<i>Prostephanus truncatus</i>)	Palomilla dorada del maíz (<i>Sitotroga cerealella</i>)
Costal de polipropileno con cal estándar 4 g/kg (COS, CE4)	Promedio	43.7	21.8	0
	2018	126.7 $\pm$ 28.71	33.7 $\pm$ 10.21	0
	2019	3.7 $\pm$ 4.04	29.3 $\pm$ 25.42	0
	2020	0.7 $\pm$ 0.58	2.3 $\pm$ 0.58	0
Silo metálico hermético (SMH)	Promedio	2.7	2.2	0
	2018	3.3 $\pm$ 2.08	3.7 $\pm$ 1.53	0
	2019	2.0 $\pm$ 3.46	0.7 $\pm$ 0.58	0
Bolsa plástica hermética de amarre (BPHA)	Promedio	0.7	0.8	0
	2018	1.3 $\pm$ 1.15	1.3 $\pm$ 2.31	0
	2019	0	0.3 $\pm$ 0.58	0
	2020	0.7 $\pm$ 1.15	0	0
Botella de PET (BPET)	Promedio	0	0.5	0
	2018	0	0.3 $\pm$ 0.58	0
	2019	0	0.7 $\pm$ 0.58	0
Costal de polipropileno con cal estándar 6 g/kg (COS, CE6)	Promedio	0	8.3	0
	2019	0	8.3 $\pm$ 7.77	0
Costal de polipropileno con cal micronizada 4 g/kg (COS, CM4)	Promedio	2.7	18.4	0
	2019	4.7 $\pm$ 6.43	36.7 $\pm$ 34.53	0
	2020	0.7 $\pm$ 0.58	0	0



Costal de polipropileno con cal micronizada 6 g/kg (COS, CM6)	Promedio	2.0	51.7	0
	2019	2.0±2.00	51.7±47.27	0
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas 4 g/kg (COS, TD4)	Promedio	0	2.3	0
	2020	0	2.3±4.04	0
Costal de polipropileno con hierba santa 1 g/kg (COS, PA1)	Promedio	55.3	17.0	0
	2020	55.3±6.51	17.0±2.65	0

4. Conclusión

La evaluación de prácticas y tecnologías poscosecha, adaptadas a los agricultores de autoconsumo de la región de la Costa de Oaxaca, permitió llegar a diferentes recomendaciones para disminuir la pérdida de cantidad y calidad de maíz durante

el almacenamiento. Para obtener los resultados esperados con estas recomendaciones, es esencial seguir la regla de oro del almacenamiento, que consiste en almacenar un grano sano, limpio, seco y fresco en un lugar seco y fresco.

■ **Tabla 3.** Resumen de resultados promedios y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de San Pedro Pochutla, Oaxaca.

Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno con cal estándar (4 g/kg de grano)	El 20.3% de daños por insectos, el 35.2% de daños por hongos y con alta presencia de insectos vivos. No efectiva y no recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.
Silo metálico hermético	El 5.4% de daños por insectos, el 3.4% de daños por hongos y con baja presencia de gorgojos y barrenadores vivos. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.
Bolsa plástica hermética de amarre	El 3.4% de daños por insectos, el 2.5% de daños por hongos y con muy baja presencia de insectos vivos. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.
Botella de PET	El 3.5% de daños por insectos, el 6.2% de daños por hongos y con muy baja presencia de barrenadores vivos. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca, cuando no se cuente con tecnologías herméticas validadas.
Costal de polipropileno con cal estándar (6 g/kg)	El 14.1% de daños por insectos, el 68.6% de daños por hongos y baja presencia de barrenadores vivos. No efectiva y no recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 10.6% de daños por insectos, el 49.2% de daños por hongos, con baja presencia de gorgojos vivos y alta presencia de barrenadores vivos. No efectiva y no recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg)	El 18.7% de daños por insectos, el 35.1% de daños por hongos, con baja presencia de gorgojos vivos y alta presencia de barrenadores vivos. No efectiva y no recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.



Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg)	El 5 % de daños por insectos, el 2.6 % de daños por hongos y con baja presencia de barrenadores vivos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca , cuando no se cuente con tecnologías herméticas. Es importante evaluar la efectividad de esta tecnología durante más años.
Costal de polipropileno con hierba santa (1 g/kg)	El 56.7% de daños por insectos, el 1.1 % de daños por hongos y con alta presencia de insectos vivos. Poco efectiva contra insectos, pero efectiva contra hongos. No recomendada para los agricultores de la Costa de Oaxaca.

5. Referencias

- Aguilar Vásquez, Y., Caso Barrera, L., Aliphath Fernández, M., Aguilar Vásquez, Y., Caso Barrera, L. y Aliphath Fernández, M. (2019). Agroecosistemas tradicionales nuntaha'yi en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Región y Sociedad*, 31, e1147. <https://doi.org/10.22198/RYS2019/31/1147>
- Edivaldo, T. y Rosell, S. (2020). Slash-and-burn agriculture in southern Brazil: characteristics, food production and prospects. *Scottish Geographical Journal*, 136(1–4), 176–194. <https://doi.org/10.1080/14702541.2020.1776893>
- Juo, A. S. R. y Manu, A. (1996). Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58(1), 49–60. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00656-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00656-7)
- Namusalisi, J.; Kunyanga, C.N.; Bruceb, A. y De Groote, H. (2018). Evaluation of hermetic technologies in the control of insect infestation and mycotoxin contamination in stored maize grains. *12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSPP)* in Berlin, Germany, October 7-11, 2018.
- Neme, K. y Mohammed, A. (2017). Mycotoxin occurrence in grains and the role of postharvest management as a mitigation strategies. A review. *Food Control*, 78, 412–425. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2017.03.012>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C. y Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138(August 2021), 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>
- Farahani, M., Soroosh, D. y Marashi, S. (2016). Thoughts on the current management of acute aluminum phosphide toxicity and proposals for therapy: An Evidence-based review. *Indian Journal of Critical Care Medicine: Peer-Reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, 20(12), 724–730. <https://doi.org/10.4103/0972-5229.195712>



Evaluación de tecnologías poscosecha en Santo Domingo Yanhuitlán: Lecciones aprendidas para fomentar buenas prácticas poscosecha en la región de la Mixteca Alta, Oaxaca

Colaboradores	Leodegario Osorio Alcalá
Institución	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Hub	Pacífico Sur
Municipios, Estado	Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2139.3 msnm
Temperatura media anual	15.2 °C
Temperatura mínima mensual	8.0 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.2 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 53 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 84 % (septiembre)
Precipitación anual	1141 mm
Años de evaluación	2017-2019

1. Introducción

En la región mixteca de Oaxaca, el 77.4% de la población es rural, y la agricultura es una de sus principales fuentes de ingresos. La fuerza productiva agrícola de los 151 municipios rurales de la región se compone de 69 960 unidades productivas que abarcan 195 773 hectáreas, que representa el 12.5% del territorio (Barrios Puente *et al.*, 2021) el sector agrícola es precario y no ha reducido la pobreza. En este sentido es necesario conocer los beneficios económicos que generan las unidades productivas (UP). Es común encontrar agricultores mixtecos que, a pesar de tener otras fuentes de ingresos suficientes para su sustento, continúan dedicándose a la agricultura. Sin embargo, existe una marcada tendencia al abandono de esta actividad, lo que se correlaciona con la despoblación rural que sufre la región (Rogé y Astier, 2015).

En la Mixteca Alta predomina una agricultura de transición vinculada al mercado, en la que una parte de la cosecha es destinada al autoconsumo (familiar y animal) y la otra a la venta local. La región se caracteriza por lluvias escasas y variables, laderas sin cobertura vegetal y suelos erosionados, con bajos niveles de materia orgánica y nutrientes inorgánicos (Altieri *et al.*, 2006). En estas condiciones, una agricultura poco tecnificada, como la de subsistencia, limita los rendimientos de los cultivos. A esto se suman las pérdidas durante la etapa de almacenamiento, causadas por daños de roedores, hongos y plagas insectiles poscosecha como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), el barrenador grande del grano (*Prostephanus truncatus*) y la palomilla dorada (*Sitotroga cerealella*) que atacan al maíz y los gorgojos pardos (*Acanthoscelides obtectus*) y pintos (*Zabrotes subfasciatus*) que atacan al frijol.



El manejo poscosecha se considera una extensión de las tareas domésticas realizadas por las mujeres mixtecas, quienes juegan un papel clave en el sistema productivo (Ortega Ortega et al., 2017). Generalmente, los granos se almacenan sin el debido acondicionamiento en bolsas plásticas, costales de polietileno o botellas de PET, y con la aplicación de insecticidas como el fosforo de aluminio (1 pastilla/50 kg), producto efectivo a corto plazo y económico, pero perjudicial para la salud de los consumidores. Las malas prácticas también conllevan el riesgo de contaminación por micotoxinas. En México, se estima que el 56% de los alimentos destinados para el consumo humano y animal están contaminados por aflatoxinas (Martínez Miranda et al., 2013), que, junto a las fumonisinas, son las micotoxinas más comunes en granos básicos afectados por hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (Odjo et al., 2022). Si bien las micotoxi-

nas pueden ser controladas por la nixtamalización tradicional, su efectividad es limitada y el proceso es reversible en medios ácidos, a un pH similar al del proceso de la digestión humana (Méndez-Albores et al., 2004).

En la región, existen diversas iniciativas, tanto gubernamentales como comunitarias e individuales, que buscan mejorar las condiciones agronómicas y de poscosecha; sin embargo, los resultados todavía están lejos de lo esperado. La implementación de buenas prácticas poscosecha y de procesamiento puede reducir la incidencia de plagas, hongos y, consecuentemente, de micotoxinas.

Con el objetivo de proponer opciones viables para el manejo de poscosecha de maíz por parte de los agricultores en transición, se evaluaron las alternativas en la región de la Mixteca Alta, Oaxaca.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se estableció en el sitio experimental del INIFAP, ubicado en Santo Domingo Yanhuatlán, Oaxaca. En dicha plataforma se utilizaron variedades de maíz comúnmente cultivadas en la región. En 2017, se almacenó el maíz híbrido Ares Unisem, obtenido en el ciclo productivo de junio a diciembre de 2016. En los años 2018 y 2019, se almacenó el maíz nativo Jaltepec blanco, cosechado en los ciclos productivos de junio 2017 a febrero 2018 y de mayo 2018 a enero 2019, respectivamente. Para determinar la humedad y temperatura de los granos, se utilizó el medidor de humedad John Deere Moisture Check Plus SW08120. Cada año, se adquirieron costales nuevos y se realizaron pruebas de hermeticidad a los recipientes herméticos (SMH, BPHA y BPHZ) para garantizar su efectividad.

La plataforma estaba conformada por un espacio de 5 m², localizado dentro de las instalaciones del sitio experimental del INIFAP. Contaba con paredes de ladrillo revocado, un piso de cemento y una ventilación adecuada. Además, de tener un techo y una malla sombra que protegía los recipientes de la exposición directa del sol y de la lluvia. Los diversos tratamientos se ubicaron sobre una estructura de madera de 2.4 m de largo, 1.27 m de ancho y una tarima de 55 cm de altura. En la parte superior de

la tarima, se colocaron los silos metálicos herméticos, con una separación de 0.25 m entre ellos; en la parte inferior se dispusieron las bolsas plásticas y los tratamientos tradicionales, todos con una separación de 0.50 m respecto a las paredes.

Durante los tres años, se evaluaron tecnologías clasificadas como convencionales, alternativas y herméticas (ver Tabla 1). Las tecnologías herméticas incluyeron el Silo Metálico Hermético (SMH), la Bolsa Plástica Hermética con Amarre (BPHA) y la Bolsa Plástica Hermética con Zíper (BPHZ). Las alternativas evaluadas fueron el grano acondicionado con epazote seco molido en costal de polipropileno (COS, DA) y el grano acondicionado con cal micronizada en costal de polipropileno (COS, CM). Estas tecnologías se compararon con dos prácticas convencionales identificadas en la región: el grano almacenado sin acondicionamiento en costales de polipropileno (COS) y el grano acondicionado con fosforo de aluminio, en dosis de una pastilla por 50 kg de grano, almacenado en un costal de polipropileno (COS, PAS). El experimento siguió un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados cada año y sus respectivos momentos de evaluación se encuentran en la tabla 1.



■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento y acondicionamiento evaluadas en la plataforma de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en años de evaluación		
				2017	2018	2019
Tecnologías convencionales	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosforo de aluminio (1 pastilla/50 kg)	1, 6, 9	3, 6	6
	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	1, 6, 9	-	-
Tecnologías herméticas	BPHA	Bolsa plástica hermética (amarre)	Ninguno	1, 6, 9	3, 6	-
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	1, 6, 9	3, 6	-
	BPHZ	Bolsa plástica hermética (zíper)	Ninguno	-	-	6
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)	-	-	6
Polvo vegetal	COS, DA	Costal de polipropileno	Epazote (Dysphania ambrosioides) seco molido (25 g/kg de grano)	-	3, 6	

Los ensayos se realizaron entre 2017 y 2019. En el primer año, el ensayo se estableció el 7 de agosto de 2017, donde se evaluaron dos tecnologías herméticas (SMH y BPHA) y dos tecnologías convencionales (COS; COS, PAS). Las evaluaciones se realizaron al mes (30 días), a los 6 meses (180 días) y a los 9 meses (270 días).

En el segundo año, el tratamiento convencional COS se sustituyó por el tratamiento alternativo COS, DA, y el ensayo se estableció el 18 de mayo de 2018. Las evaluaciones se realizaron a los 3 meses (90 días) y 6 meses (180 días).

Finalmente, en el tercer y el último año, el ensayo se estableció el 4 de julio de 2019, con una sola

evaluación a los 6 meses (180 días). En este ensayo se mantuvieron los tratamientos COS, PAS y BPHZ, además de incorporar los tratamientos COS, CM4 y COS, CM6.

Los datos se recolectaron al inicio del experimento y en los respectivos momentos de evaluación indicados en la Tabla 1. Los tratamientos se compararon con base en los datos tomados a los 180 días, que incluían porcentajes de daños por insectos, porcentajes de daños por hongos y la presencia de insectos vivos en los recipientes. Estas variables se estimaron a partir de submuestras de 500 g y las comparaciones entre los tratamientos se realizaron por medio de un análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).



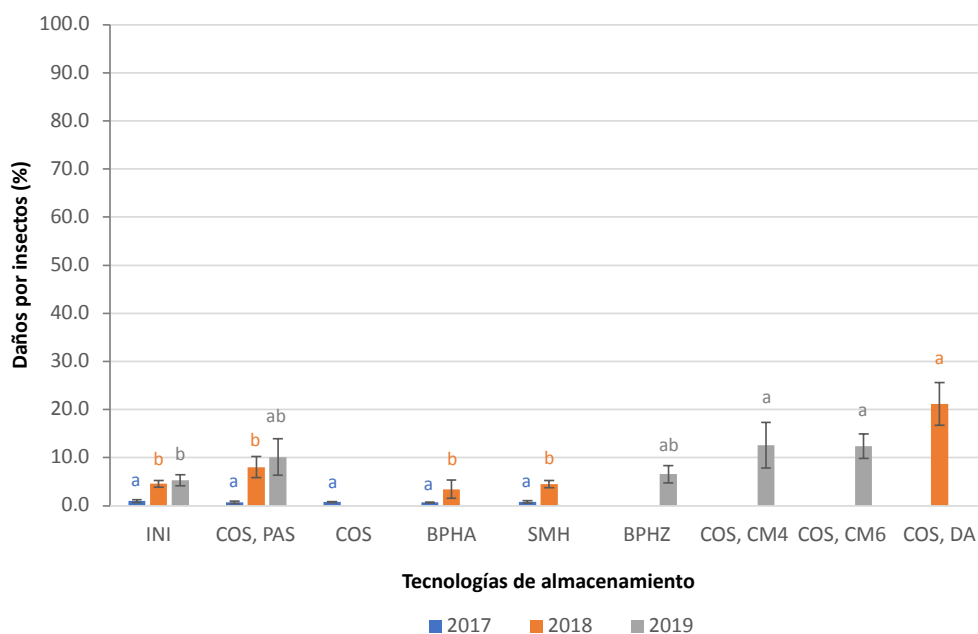
3. Resultados y discusión

3.1. Daños por insectos

Durante los tres años de evaluación, los daños promedio iniciales por insectos de las muestras almacenadas fueron del 1%, del 4.6% y del 5.3%, respectivamente. La condición inicial del grano influye en su comportamiento durante el almacenamiento, por lo que es importante almacenar granos con bajos niveles de humedad y mínimas afectaciones. En 2017, los daños en los tratamientos fueron similares entre sí y al daño inicial ($P=0.57$) (véase Figura 1). La no diferenciación del efecto de los tratamientos en los daños causados por insectos pudo deberse a las bajas poblaciones de plagas, ya que el tratamiento COS también presentó una baja incidencia. Asimismo, cabe destacar que en 2017 se utilizó el híbrido Ares, que podría ser resistente a plagas insectiles.

En 2018 y 2019, se utilizó el maíz nativo Jaltepec, y los daños por insectos en los tratamientos fueron diferentes ($P<0.001$ y $P=0.049$, respectivamente). En 2018, los granos almacenados con las tecnologías herméticas (SMH y BPHA) tuvieron daños por insectos similares a los de la tecnología convencional (COS, PAS) y los niveles iniciales. El mayor daño por insectos se registró en la tecnología alternativa COS, DA con un 21.2%.

En 2019, las prácticas alternativas COS, CM4 y COS, CM6, que presentaron más del 12% de daño por insectos, no parecieron ser viables para la región. Todas las tecnologías herméticas demostraron ser eficaces para la protección poscosecha de granos de maíz contra plagas insectiles de la región de la Mixteca.



■ **Figura 1.** Daños por insectos en maíz almacenados durante 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados entre 2017 y 2019 en la plataforma poscosecha en Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. Letras diferentes indican una diferencia significativa entre tratamientos del mismo año, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2. Daños por hongos

En 2017, los daños por hongos de las tecnologías evaluadas mostraron diferencias significativas ($P=0.007$). Las tecnologías herméticas tuvieron niveles de daños por hongos similares a los de la práctica convencional COS, PAS. En 2018, los daños por hongos entre los tratamientos también fueron significativamente diferentes ($P=0.007$). Las tecnologías herméticas (SMH y BPHA) y la alternativa COS, DA fueron tan efectivas como la práctica

convencional COS, PAS, con daños promedio por hongos del 6.7%, del 7.2% y del 5.6%, respectivamente. En 2019, los niveles de daños también fueron diferentes ($P=0.045$). Excepto por COS, CM6, todos los tratamientos presentaron niveles de daños por hongos similares a los valores iniciales. El tratamiento COS, CM6 tuvo niveles de daños por hongos menores que los iniciales, pero su efecto no difirió del tratamiento de COS, CM4.

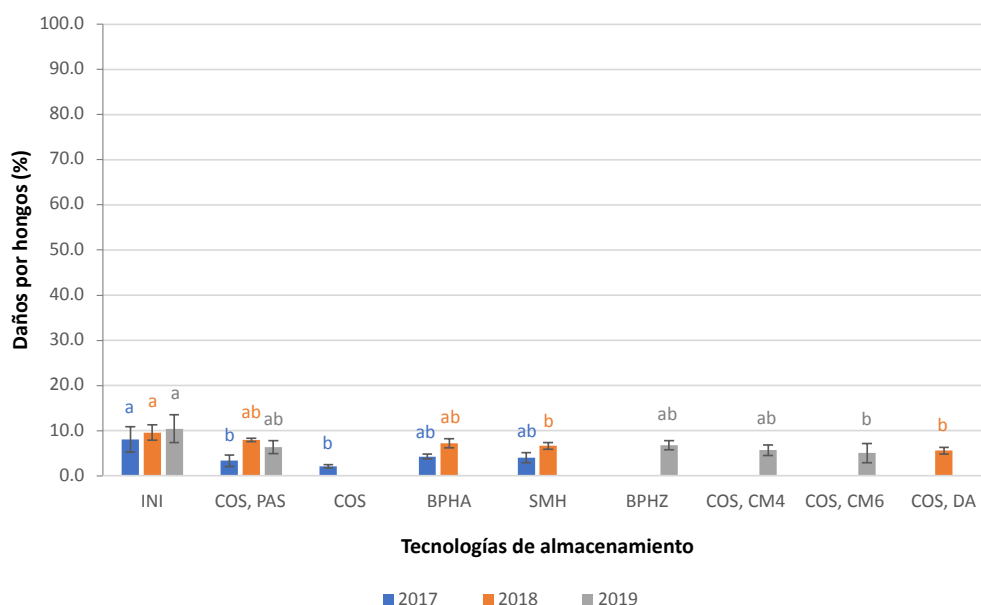


Figura 2. Daños por hongos en granos almacenados durante 6 meses (180 días) en los tratamientos evaluados de 2017 a 2019 en la plataforma poscosecha en Santo Domingo Yanhuatlán, Oaxaca. Letras diferentes indican una diferencia significativa entre tratamientos del mismo año, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.3. Insectos vivos

En el periodo de evaluación, no hubo registro de *S. cerealella* y se observó una mayor incidencia de *S. zeamais*. Las tecnologías herméticas casi no presentaron insectos vivos. El único registro fue de *S. zeamais* en el SMH en 2018 (ver Tabla 2). Estos resultados concuerdan con los menores daños por insectos observados en esas tecnologías (véase Figura 1).

En 2017, las bajas densidades de *S. zeamais* y *P. truncatus* en el tratamiento COS, PAS, contra la alta densidad de *S. zeamais* en el tratamiento COS, indican que el fosforo de aluminio fue efectivo en el control de las plagas insectiles. Sin embargo, durante todo el periodo de evaluación, las tecnologías herméticas conservaron los granos igual o

incluso mejor, con la ventaja de evitar los riegos de contaminación por fosforo de aluminio.

La ausencia de *P. truncatus* y las bajas incidencias de *S. zeamais* en la cal micronizada no concuerdan con los altos daños por insectos observados.

La alta incidencia de *S. zeamais* en el tratamiento COS, DA en 2018 concuerda con el alto daño por insectos registrados en dicho tratamiento (véase Figura 1). Este resultado difiere de lo reportado con Rangel-Fajardo *et al.* (2020), quienes mencionan que el epazote a partir de una dosis de 7 g/kg de maíz es efectivo para el control del gorgojo. Los autores resaltan que la efectividad del tratamiento depende de la variedad de maíz.

■ **Tabla 2.** Presencia de insectos vivos (media $\pm$ desviación estándar) en muestras de 500 g tomadas de los recipientes a los 6 meses (180 días) de almacenamiento de los granos.

Tratamientos	Años	Insectos vivos		
		Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>)	Barrenador grande de los granos (<i>Prostephanus truncatus</i>)	Palomilla dorada del maíz (<i>Sitotroga cerealella</i>)
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio (COS, PAS)	Promedio	1.7	0.1	0
	2017	0.8 $\pm$ 0.76	0	0
	2018	4.0 $\pm$ 2.00	0	0
	2019	0.3 $\pm$ 0.58	0.3 $\pm$ 0.58	0
Costal de polipropileno (COS)	Promedio	4.7	0	0
	2017	4.7 $\pm$ 0.58	0	0
Bolsa plástica hermética de amarre (BPHA)	Promedio	0	0	0
	2017	0	0	0
	2018	0	0	0
Silo metálico hermético (SMH)	Promedio	0.6	0	0
	2017	1.2 $\pm$ 0.76	0	0
	2018	0	0	0
Bolsa plástica hermética con zíper (BPHZ)	Promedio	0	0	0
	2019	0	0	0
Costal de polipropileno con cal micronizada 4 g/kg (COS, CM4)	Promedio	0.7	0	0
	2019	0.7 $\pm$ 0.58	0	0
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/ kg) (COS, CM6)	Promedio	0.3	0	0
	2019	0.3 $\pm$ 0.58	0	0



Costal de polipropileno con epazote 25 g/kg (COS, DA)	Promedio	17.3	0	0
	2018	17.3 ± 3.79	0	0

Los resultados de los demás momentos de evaluación fueron consistentes con los de los 6 meses. En 2017, se observó un incremento progresivo de daños por insectos con el paso del tiempo. A los 9 meses, los porcentajes de daños por insectos en los tratamientos COS; COS, PAS; BPHA y SMH fueron del 5.3%, del 1.5%, del 1.1% y del 1.3%, respectivamente, mientras que los daños por hongos fueron del 6.3%, del 6.7%, del 5.3% y del 5%, respectivamente. Esto indica que las tecnologías evaluadas son efectivas para el almacenamiento de granos por un periodo de hasta 9 meses, y que las tecnologías herméticas son tan o más efectivas que las convencionales.

En 2018, a diferencia de lo observado a los 6 meses, el tratamiento COS, DA presentó un 4.5%

de daños por insectos y un 8.5% de daños por hongos, lo que lo mantuvo efectivo por 3 meses, solamente superado por BPHA, que registró un 3.7% de daños por insectos y un 8.4% de daños por hongos. Probablemente esto se debe a que, a los 3 meses, los aceites esenciales el epazote seguían presentes, lo que proporcionó protección a los granos (Jaramillo C *et al.*, 2012). Sin embargo, a los 6 meses, los aceites ya se habían volatilizado, lo que dejó a los granos sin protección y permitió un aumento significativo de daños por insectos y la presencia de insectos vivos. Por lo tanto, el epazote parece ser una alternativa viable para el almacenamiento de granos durante periodos no mayores a 3 meses.

4. Conclusión

La implementación de la plataforma poscosecha de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, ha permitido desarrollar recomendaciones útiles para minimizar las pérdidas durante el almacenamiento del maíz. El

uso de las tecnologías recomendadas debe acompañarse de la regla de oro del almacenamiento, que consiste en guardar granos sanos, limpios, secos y frescos en un lugar seco y fresco.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados promedio y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento tras seis meses de evaluación en la plataforma poscosecha de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca.

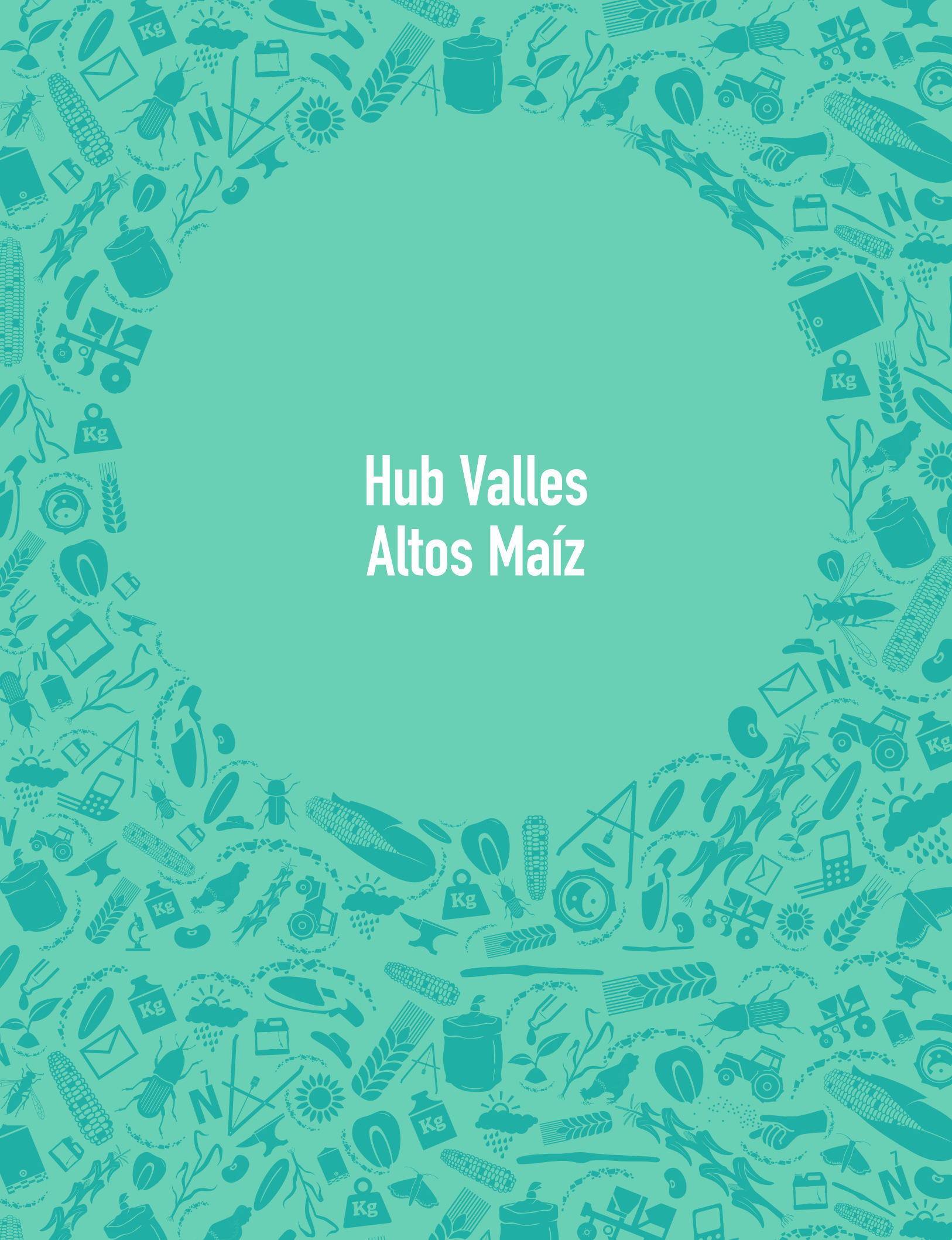
Propuesta/tecnología	Resultados
Costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio	El 6.3% de daños por insectos, el 5.9% de daños por hongos y con baja presencia de insectos vivos. Efectiva, pero no recomendada para los agricultores de la Mixteca por representar un riesgo para la salud.
Bolsa plástica hermética de amarre	El 2.1% de daños por insectos, el 5.7% de daños por hongos y sin presencia de insectos vivos. Muy efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la Mixteca.
Silo metálico hermético	El 2.6% de daños por insectos, el 5.4% de daños por hongos y con muy baja presencia de gorgojos vivos. Efectiva y recomendada para los agricultores de la Mixteca.
Bolsa plástica hermética con zíper	El 6.6% de daños por insectos, el 6.8% de daños por hongos, y sin presencia de insectos vivos. Efectiva y altamente recomendada para los agricultores de la Mixteca.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 12.6% de daños por insectos, el 5.7% de daños por hongos y con baja presencia de gorgojos vivos. Moderadamente efectiva contra insectos, efectiva contra hongos. Recomendada para los agricultores de la Mixteca cuando no se dispone de tecnologías herméticas.



Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg)	El 12.4% de daños por insectos, el 5.1% de daños por hongos y con muy baja presencia de gorgojos vivos. Moderadamente efectiva contra insectos, efectiva contra hongos. Como los resultados son similares a la dosis anterior (4g/kg), no se recomienda esta dosis mayor para los agricultores de la Mixteca.
Costal de polipropileno con epazote (D. ambrosioides)	El 21.2% de daños por insectos, el 5.6% de daños por hongos y con alta presencia de gorgojos vivos a los 6 meses. A los 3 meses, presentó el 4.5% de daños por insectos y el 8.5% de daños por hongos. Poco efectiva contra insectos en largos periodos de almacenamiento, pero efectiva contra hongos. Recomendada solo para periodos de almacenamiento no mayores a 3 meses.

5. Referencias

- Altieri, M.; Fonseca, S.A.; Caballero, J.J. y Hernández, J.J. (2006). *Manejo del Agua y Restauración Productiva en la Región Indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca*. (México D.F.: CEDEC). http://centro.paot.org.mx/documentos/bm/man_agua_res_pro.pdf
- Barrios Puente, G., Rosales Hortiales, A., Sangerman-Jarquín, D. M., Pérez Soto, F., González López, M., y Reyes Muro, L. (2021). Estimación de la rentabilidad agrícola de las empresas rurales de la mixteca Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1483–1495. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V12I8.3067>
- Jaramillo C, B. E., Duarte R, E., y Delgado, W. (2012). Bioactividad del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 54–64.
- Martínez Miranda, M. M., Vargas del Río, L. M., y Gómez Quintero, V. M. (2013). Aflatoxinas: incidencia, impactos en la salud, control y prevención. *Biosalud*, 12(2), 89–109. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502013000200008&lng=es&nr-m=iso&tlng=es
- Méndez-Albores, J. A., Villa, G. A., Del Rio-García, J. C. y Martínez, E. M. (2004). Aflatoxin-detoxification achieved with Mexican traditional nixtamalization process (MTNP) is reversible. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12), 1611–1614. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1853>
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C. Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138(August 2021), 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>
- Ortega Ortega, T., Vázquez García, V., Flores Sánchez, D., Núñez Espinoza, J. F., Ortega Ortega, T., Vázquez García, V., Flores Sánchez, D. y Núñez Espinoza, J. F. (2017). Agrobiodiversidad, género y soberanía alimentaria en Tlaxiaco, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(SPE18), 3673–3682. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I18.213>
- Rangel-Fajardo, M. A., Tucuch-Haas, I., Burgos-Díaz, J. A., Gómez-Montiel, N. O. y Basto-Barbudo, D. de la C. (2020). Control de gorgojo (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) con polvos de epazote (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants) en diferentes genotipos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 307–316. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.307>
- Rogé, P. y Astier, M. (2015). Changes in climate, crops, and tradition: Cajete maize and the rainfed farming systems of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*, 43(5), 639–653. <https://doi.org/10.1007/S10745-015-9780-Y/FIGURES/5>



Hub Valles Altos Maíz



Evaluación de alternativas de almacenamiento en Calimaya, Estado de México

Colaboradores	Responsables de plataforma: Armando Díaz Sáenz (CESAVEM) y Pablo Maya (CIMMYT) Productor cooperante: Marco Bobadilla Aguirre
Instituciones	Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEM)
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Calimaya, Estado de México
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2690 msnm
Temperatura media anual	12.5 °C
Temperatura mínima mensual	5 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	21.8 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 45 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 82 % (julio, septiembre)
Precipitación anual	1361 mm
Años de evaluación	2021

1. Introducción

El maíz cacahuacintle es una de las 59 razas nativas de México (CONABIO, 2020) y es ampliamente cultivado el Valle de Toluca (INEGI, 2010). En esta región, se producen aproximadamente 11,500 toneladas de grano, que se usa tanto de forma tradicional como comercial (CONABIO, 2020). Los principales usos incluyen la elaboración de tamales, esquites, galletas, pinole y, destacadamente, la venta del grano para pozole, ya que su sabor dulce y textura suave favorecen un precio más elevado que otros maíces locales destinados a la elaboración de tortillas.

La producción de maíz cacahuacintle alcanza rendimientos promedio de entre 4.6 y 5.3 t/ha, aunque se ve limitada por problemas como el acame de plantas y la pudrición de mazorcas, esta última causada por especies de hongos como *Fusarium* y *Aspergillus*, tanto en campo como en almacén (González Huerta et al., 2007). Esta clase de hongos puede producir micotoxinas, sustancias que se sabe tienen efectos adversos en la salud humana. Por lo

que el CIMMYT y colaboradores han investigado y transferido diferentes tecnologías para ayudar a mitigar las aflatoxinas y fumonisinas en el maíz (Odjo et al., 2022).

El manejo poscosecha convencional de los granos de maíz cacahuacintle comienza con la cosecha a mediados de diciembre, la cual se realiza manualmente. En campo se abren las hojas que cubren la mazorca y el secado se realiza de febrero a marzo, ya sea en el patio o dentro de la galera. Las mazorcas se depositan en arpillas, que se apilan en estibas, unas sobre otras (véase Figura 1). Para desgranar, se descabeza el grano con un equipo tradicional, lo que se hace conforme se vende el grano (véase Figura 2). El almacenamiento se hace al introducir las mazorcas dentro de costales sin tratamiento o al dejarlas a granel; también, el grano descabezado se almacena en costal de polipropileno con pastilla de fosforo de aluminio (véase Figura 3). Bajo estas condiciones, los agricultores reportan graves problemas de hongos, roedores e insectos.



A finales de 2021, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEM), en el municipio de Calimaya, en conjunto con agricultores, colaboraron con el CIMMYT para establecer una plataforma poscose-

cha. En este marco, se estudiaron alternativas de almacenamiento y prácticas que ayudaran a mitigar las pérdidas causadas por hongos.



■ **Figura 1.** Secado de mazorcas sin hojas a la intemperie (izquierda) y mazorcas en costal (derecha) en Calimaya, Estado de México, 26 de noviembre de 2021.



■ **Figura 2.** Trabajadores de campo realizan el descabezado de granos de maíz en Calimaya (izquierda) y en Nativitas (derecha), Calimaya, Estado de México, 26 de noviembre de 2021.



■ **Figura 3.** Almacenamiento de mazorcas en costales sin tratamiento y a granel (izquierda). Grano descabezado en costal de polipropileno con pastilla de fosfuro de aluminio (derecha), 26 de noviembre de 2021.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha se estableció en 2021, y el grano utilizado fue de maíz nativo cacahuacintle, que se sembró el 15 abril y se cosechó de forma manual el 15 de diciembre. El secado de la mazorca se llevó a cabo inicialmente en la planta y, posteriormente, se colocó en un patio con piso de cemento a la intemperie. El desgrane se realizó de forma mecanizada. Antes de almacenar el grano, este se pasó por una criba para retirar los granos

quebrados y dañados por hongos e insectos (véase Figura 4).

Durante el periodo de almacenamiento, se hicieron visitas de seguimiento técnico para monitorear el estado de los recipientes evaluados (véase Figura 5). Se recolectaron muestras en la instalación y al finalizar el ensayo, para medir el nivel de daños.



■ **Figura 4.** Agricultores realizan selección de mazorcas sanas (izquierda) y limpieza de granos (derecha) en Calimaya, Estado de México.



■ **Figura 5.** Técnico realiza la limpieza de la plataforma (izquierda) y otro técnico realiza monitoreo de tratamiento de arpillada dañada durante el seguimiento técnico.

El grano de maíz almacenado tenía una humedad promedio del 11.8% y una temperatura de 21.0 °C, mientras que el grano del tratamiento de mazorca tenía una humedad promedio del 9.6% y una temperatura de 18.9 °C el día de la instalación de la plataforma. Se evaluaron tres grupos de tecnologías de almacenamiento:

1. Convencionales: incluyeron el grano descabezado acondicionado con pastilla de fosforo de aluminio y mazorcas en costales.
2. Herméticas: con silo metálico hermético y bolsa plástica hermética con grano descabezado, y una lona flexible con mazorcas en costales.
3. Polvos inertes: cal micronizada aplicada a grano descabezado (ver Tabla 1).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma de Calimaya, Estado de México en 2021.

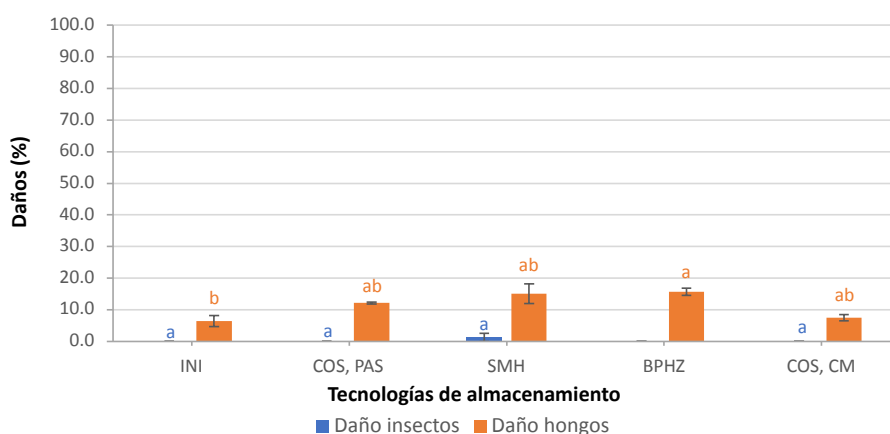
Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación
Tecnologías convencionales	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosforo de aluminio (1 pastilla/40 kg de grano)	6
	COS, MZ	Costal de polipropileno con mazorcas	Ninguno	6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	6
	LF, MZ	Lona flexible con mazorcas	Ninguno	6
Polvos inertes	COS, CM	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	6



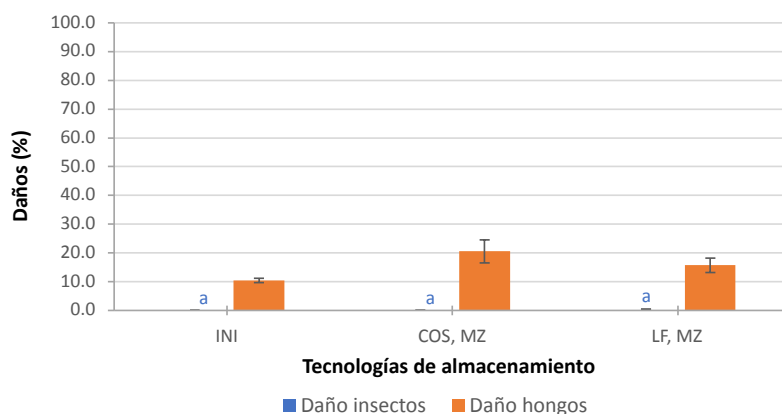
3. Resultados

Después de seis meses de almacenamiento, los daños por insectos fueron igualmente bajos o inexistentes en todos los recipientes ($P=0.511$) (véase Figura 6). Sin embargo, los daños por hongos de esos recipientes fueron significativamente diferentes ($P=0.017$). En grano, el menor daño por hongos fue con cal micronizada (un 7.5%), mientras que el mayor daño fue en la bolsa plástica hermética (un 15.7%) y silo metálico hermético (un 15.1%). La pastilla de fosfuro de aluminio tuvo un 12.1%. En granos, el daño por insectos solo se detectó en silo metálico hermético con un 1.2% (véase Figura 6).

En mazorcas, los daños tanto por insectos ($P=0.084$) como por hongos ($P=0.107$) fueron similares entre los costales y las lonas flexibles. El menor daño por hongos fue con la lona flexible (un 15.7%), mientras que el mayor en costal (un 20.5%) (véase Figura 7). Cabe señalar que los daños iniciales por hongos fueron altos, con un promedio del 6.4% en grano y del 10.4% en mazorca, lo que probablemente contribuyó a los altos niveles de daño por hongos en todas las tecnologías. Los resultados mostraron la importancia de evitar la contaminación por hongos antes del almacenamiento.



■ **Figura 6.** Daños por hongos e insectos en granos descabezados en la plataforma de Calimaya, Estado de México, 2021. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos o por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



■ **Figura 7.** Daños por insectos y hongos en granos de mazorcas en la plataforma de Calimaya, Estado de México en 2021. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos o por hongos iniciales; para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión

Se estudiaron alternativas de almacenamiento y prácticas para mitigar las pérdidas por hongos en granos y mazorcas de maíz Cacahuacintle. Después de seis meses de almacenamiento, no se llegó a un resultado concluyente, ya que ningún tratamiento logró minimizar los daños por hongos. La razón

principal fue el alto porcentaje de daños iniciales. Es importante investigar medidas precosecha (variedades, control biológico en campo, fechas de siembra, etc.) que se puedan aplicar al maíz cacahuacintle para reducir la contaminación por hongos.

5. Referencias

- González Huerta, A., Vázquez García, L. M., Sahagún Castellanos, J., Rodríguez Pérez, J. E. y Pérez López, D. de J. (2007). Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 33–42. <https://doi.org/10.1053/otgn.2001.21543>
- CONABIO (2020). Cacahuacintle. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-conico/cacahuacintle> (accessed 25-04-24).
- INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010, Calimaya México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15018.pdf
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C. y Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138(August 2021), 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>



Evaluación y promoción de tecnologías que minimizan la merma de granos en Cuautempan, Puebla

Colaboradores	Fidelia González Galindo y Juan Espidio Balbuena
Instituciones	Unión Rural de Productores de Cuautempan y Tetela SPR de RL
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Cuautempan, Estado de México
Clima	Templado (Cfb)
Altitud	1611 msnm
Temperatura media anual	14.7 °C
Temperatura mínima mensual	7.4 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	22.3 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 76 % (marzo, abril)
Humedad relativa máxima mensual	el 89 % (septiembre)
Precipitación anual	2731 mm
Años de evaluación	2018-2020

1. Introducción

La plataforma poscosecha está ubicada en el municipio de Cuautempan, en la Sierra Norte de Puebla. En la región, el sistema de cultivo es principalmente de temporal en campos de ladera (con pendientes entre el 1 % y el 40 %), y está destinado al autoconsumo, con una mezcla de especies cultivadas y de recolección de arvenses y frutales. El cultivo de maíz nativo es el más importante en la región, ya que se siembran aproximadamente 37,308 hectáreas, aunque los rendimientos son bajos, alrededor de 1 t/ha o menos. Sin embargo, es común que se asocie con otras especies como frijol, chile serrano, arvejón, haba, avena, ebo, calabaza y una amplia variedad de quelites como quintonil, endivia y tomate criollo. Esto contribuye con la conservación y diversificación de cultivos (Espidio et al., 2020).

El manejo poscosecha consiste en hacer un presecado en el campo que termina en los patios de las casas de los agricultores. La cosecha y el desgrane se hacen de forma manual. El almacenamiento del grano o la mazorca se hace dentro de costales de polipropileno. El control de plagas se realiza con

pastillas de fosforo de aluminio o malatión (marca comercial "graneril"). Bajo este manejo, se estima que las pérdidas son altas, principalmente debido a daños causados por hongos e insectos como gorgojos (González-Regalado et al., 2017). Estas pérdidas limitan el alimento disponible para usar en el hogar, además, disminuyen la oportunidad de obtener un ingreso familiar extra por la venta de grano en el mercado local, lo que afecta la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores y sus familias.

Ante esta problemática, diferentes programas de extensionismo han promovido el uso de los silos metálicos para la conservación de grano. Sin embargo, la capacitación sobre su uso y manejo ha sido insuficiente. Además, no existe una evaluación clara sobre la eficiencia del control de plagas bajo las condiciones agroecológicas de la región. Por ello, la plataforma de Cuautempan, Puebla, se estableció con el objetivo de evaluar las prácticas y tecnologías poscosecha adaptadas a las necesidades de los agricultores de la región, con la finalidad de disminuir las pérdidas de cantidad y calidad de granos básicos.



2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha Cuautempan, Puebla, se estableció en la unidad de producción del despacho Unión Rural de Productores de Cuautempan y Tetela SPR de RL. El grano utilizado en la plataforma fue maíz nativo color crema, con características propias de la raza tuxpeño.

El manejo general del grano fue el siguiente: la siembra del maíz se realizó a mediados de junio, y la cosecha manual se hizo entre inicios y mediados de noviembre. El secado se llevó a cabo durante diciembre y enero al aire libre, sobre un piso de concreto, y las mazorcas se cubrieron con un plástico durante las lluvias. El desgrane se efectuó de forma manual, y se separó el grano dañado por hongos e insectos. El maíz almacenado tenía una humedad promedio del 12.7 % y una temperatura de 15.6 °C el día de la instalación de la plataforma.

Se evaluaron cinco grupos de tecnologías de almacenamiento en dos períodos de tiempo —6 y 8 meses— (ver Tabla 1):

1. Convencionales: el control químico y el costal de polipropileno.
2. Herméticas: el silo metálico hermético y bolsas plásticas herméticas, zíper.

3. Herméticas alternativas: conocidas por los agricultores, pero con falta de capacitación en su uso y manejo.
4. Polvos inertes: opciones más económicas a silos metálicos y bolsas plásticas.
5. Polvos vegetales: la hierba santa (*Piper auritum*) como un recurso local y una alternativa al uso del control químico.

Previamente, se identificó que el periodo de almacenamiento tradicional en la región osciló entre los 6 y los 8 meses (González-Regalado *et al.*, 2017). Los recipientes se colocaron en una bodega con paredes de piedra y adobe revocadas con mezcla, piso de cemento, techo de madera y teja.

El primer ciclo de la plataforma poscosecha se instaló el 01 de febrero y se levantó el 08 de septiembre de 2018. El segundo ciclo se instaló el 9 de febrero y se levantó el 12 de agosto de 2019. El tercer ciclo comenzó el 12 de marzo y concluyó el 14 de septiembre de 2020. En cada ciclo, se hicieron visitas de seguimiento mensual para monitorear el estado de los recipientes evaluados. Se recolectaron muestras en la instalación y en el levantamiento para medir el nivel de daños (deterioro físico como agujeros, grietas y decoloración) en los granos.

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha de Cuautempan, Puebla de 2018 a 2020.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en años de evaluación		
				2018	2019	2020
Tecnologías convencionales	COS, QUIM	Costal de polipropileno	Malatión (60 g/40 kg de grano)	8	-	-
	COS, PAS	Costal de polipropileno	Fosforo de aluminio (1 pastilla/40 kg de grano)	-	6, 8	6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	8	6, 8	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética (zíper)	Ninguno	8	6, 8	-
Tecnologías herméticas alternativas	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	8	6, 8	6
	TP	Tambo plástico	Ninguno	-	-	6



Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	8	6, 8	-
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de grano)	-	6, 8	-
	COS, TD2	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (2 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	-	-	6
	COS, TD6	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	-	-	6
Polvo vegetal	COS, PA	Costal de polipropileno	Hierba santa <i>P. auritum</i> (5 g/ kg de grano). Hojas secas, molidas y mezclada con los granos.	-	-	6

3. Resultados y discusión

En la plataforma poscosecha de Cuautempan, Puebla, evaluada entre 2018 y 2020, los principales daños fueron por insectos y hongos, en periodos de seis meses para los años 2019 y 2020, y de ocho meses para 2018 y 2019.

3.1. Daños por insectos

Después de seis meses de almacenamiento, en general, los daños por insectos fueron elevados en el control químico (el 11.0%) y bajos con las tecnologías herméticas (el 1.2%) y con los polvos inertes (el 1.4%). En 2019, los daños fueron significativamente diferentes entre las tecnologías evaluadas ($P < 0.001$). El daño por insectos fue mayor con la pastilla de fosfuro de aluminio (el 2.3%) y el menor con la bolsa plástica hermética (el 0.1%), el silo metálico hermético (el 0.3%), la cal micronizada con 4 g/kg (el 1.2%), el garrafón PET (el 0.4%) y la cal micronizada con 6 g/kg (el 1.7%).

En 2020, después de seis meses de almacenamiento, los niveles de daño por insectos fueron diferentes entre las tecnologías evaluadas ($P < 0.001$). El mayor daño se registró con el uso de *P. auritum* (un 38.7%), un daño intermedio se observó con el tratamiento COS, PAS (el 19.7%) y los menores daños fueron con

el garrafón PET, el silo metálico, el tambo plástico y las tres dosis de tierra de diatomeas.

El efecto biocida o repelente de los metabolitos secundarios depende de muchos factores como la concentración en la planta, el órgano usado—hojas, tallos, raíz, etc.—, el lugar de colecta, los procedimientos de extracción y la forma de uso —aceites esenciales, polvos, etc.—, así como el tiempo de exposición (Pino *et al.*, 2013). Estos factores podrían haber afectado la eficiencia del control de insectos con *P. auritum* durante los seis meses de almacenamiento.

El menor daño por insectos se observó en los tratamientos con tierra de diatomeas a 6 g/kg (1.3%), tierra de diatomeas a 4 g/kg (2.3%), tambo plástico (2.6%), silo metálico hermético (2.7%) y tierra de diatomeas a 2 g/kg (2.7%). El control químico presentó un daño por insectos del 19.7% (Figura 1). El menor daño se observó con tierra de diatomeas con 6 g/kg (el 1.3%), tierra de diatomeas con 4 g/kg (el 2.3%), tambo plástico (el 2.6%), silo metálico hermético (el 2.7%) y tierra de diatomeas con 2 g/kg (el 2.7%). El control químico tuvo un daño por insectos del 19.7% (véase Figura 1).

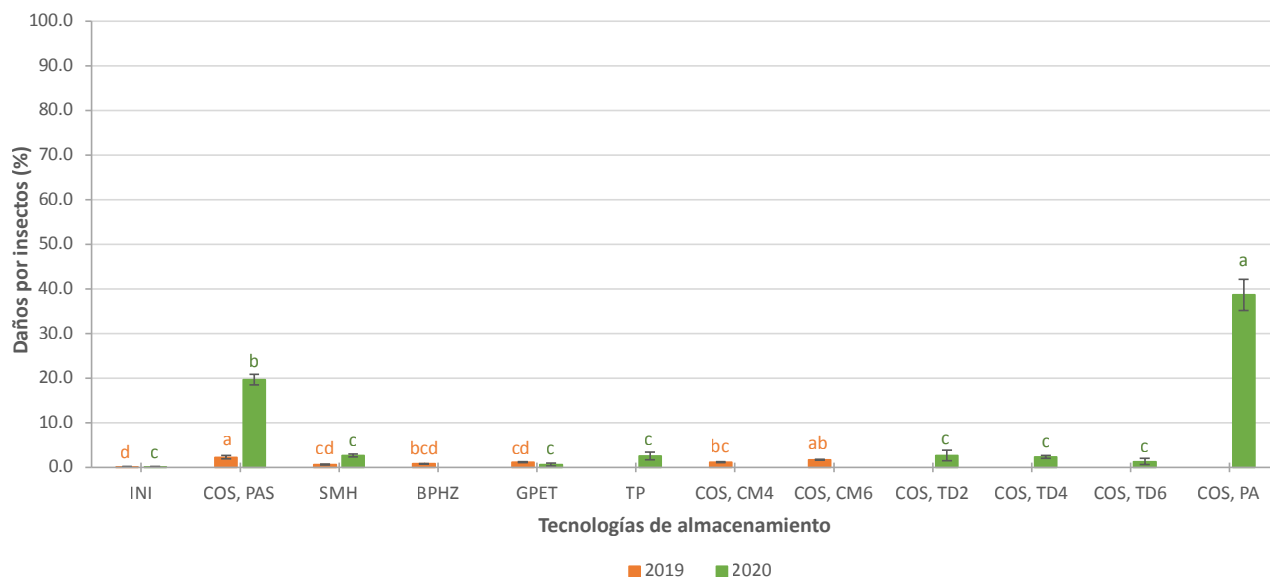


Figura 1. Daños por insectos después de seis meses de almacenamiento en diferentes tecnologías evaluadas en la plataforma de Cuautempan, Puebla, en 2019 y 2020. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año, según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Después de ocho meses de almacenamiento, los daños por insectos fueron generalmente mayores en el control convencional (el 22.9%) y menores con los polvos inertes (el 0.3%) y tecnologías herméticas (el 0.8%). En 2018, los daños por insectos fueron bajos y diferentes entre los tratamientos ($P=0.025$). Los mayores daños se registraron con el silo metálico hermético (el 2.7%) y los menores con malatión (marca comercial graneril) (el 0.2%). Se ha reportado que el malatión, como insecticida de contacto, tiene

un efecto prolongado en el control de plagas durante largos periodos de almacenamiento, lo que explica su eficacia en este caso (Odjo *et al.*, 2022). Sin embargo, esta sustancia es altamente tóxica para la salud humana, por lo que su uso debe ser discontinuado. La cal micronizada a una dosis de 4 g/kg y el garrafón PET registraron un daño del 0.4%. En 2019, el daño por insectos fue mayor con la pastilla de fosforo de aluminio (el 63.9%) y menor con bolsa plástica hermética y el garrafón PET (el 0.1%) (véase Figura 2) ($P < 0.001$).

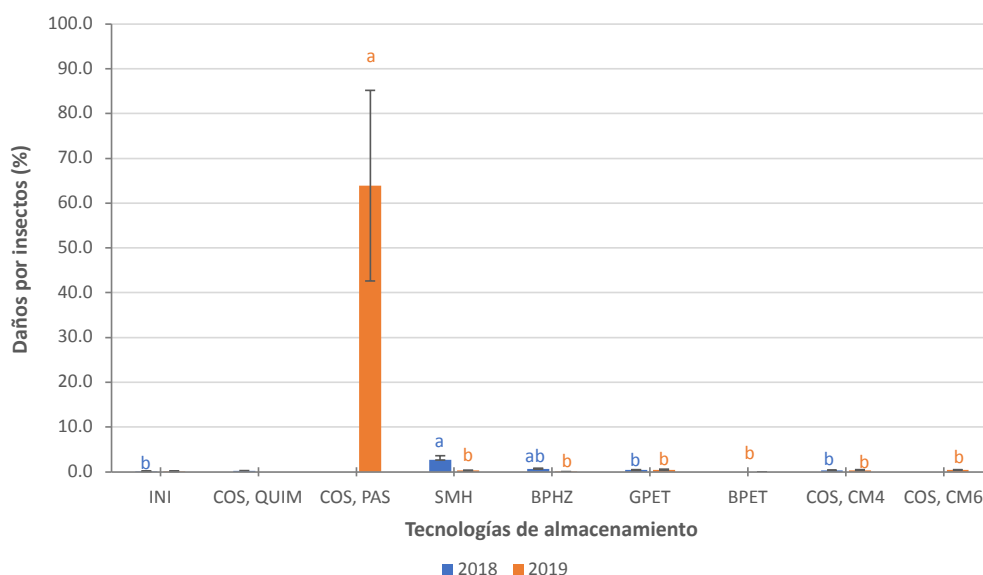


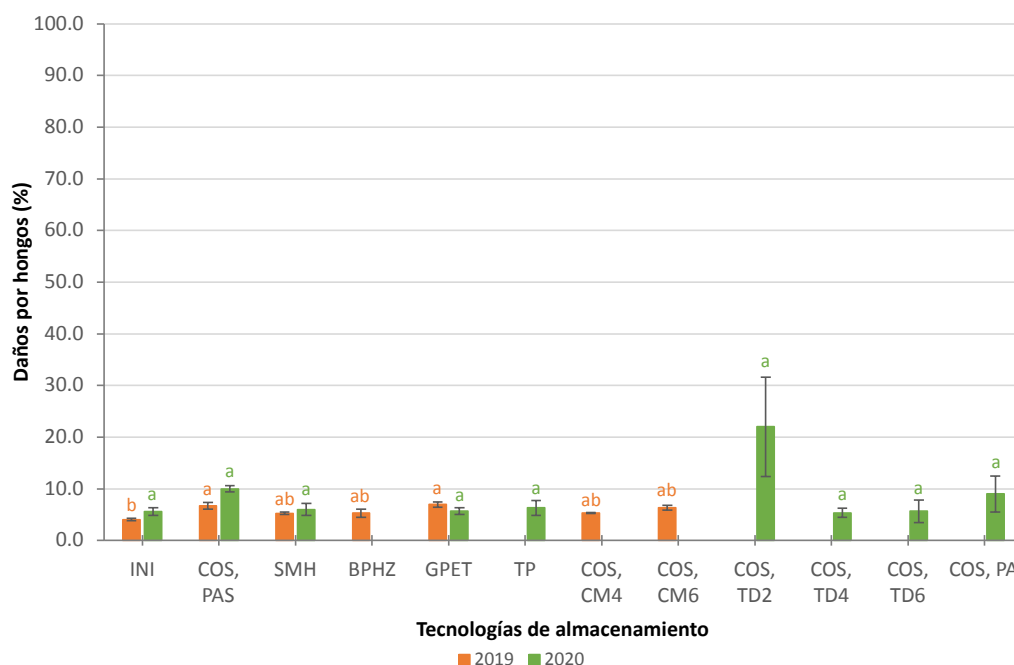
Figura 2. Daños por insectos después de ocho meses de almacenamiento en diferentes tecnologías evaluadas en la plataforma de Cuautempan, Puebla, en 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



3.2. Daños por hongos

Después de seis meses de almacenamiento, los daños por hongos fueron significativamente diferentes en 2019 ($P=0.009$), aunque no hubo grandes diferencias entre los distintos tratamientos. En 2020, los daños por hongos también fueron similares ($P=0.074$), aunque se observó una gran variabilidad (véase Figura 2). El resultado de este año, a pesar del mayor daño promedio de la tierra de diatomeas con 2 g/kg, se debe a la alta variabilidad de daños observados en ese tratamiento. En condiciones de Valles Altos con clima templado húmedo, donde la

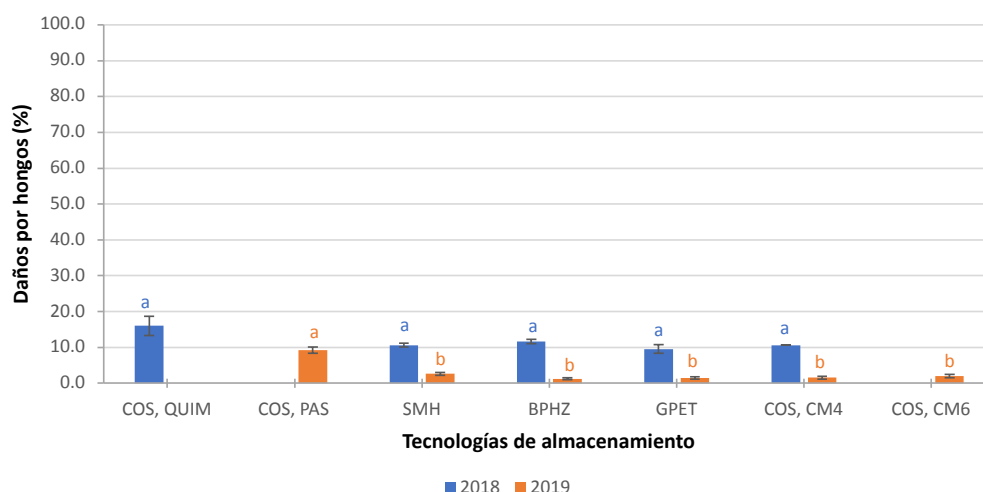
temperatura puede estar cerca de los 15 °C, pero la humedad relativa es alta —oscila entre el 50 % y el 80 %— favorece la contaminación por hongos en el campo. Además, en combinación con malas prácticas y recipientes inadecuados de almacenamiento, se propicia el desarrollo de hongos durante el almacenamiento en el contexto de pequeños agricultores. En estas mismas condiciones, las tecnologías herméticas son soluciones que aíslan a los granos de la humedad relativa, lo que favorece su conservación.



■ **Figura 3.** Daños por hongos después de seis meses de almacenamiento en diferentes tecnologías evaluadas en la plataforma de Cuautempan, Puebla, en 2019 y 2020. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Después de ocho meses de almacenamiento, el daño por hongos fue, en general, mayor con el control químico (el 11.4 %) y menor con tecnologías herméticas y polvos inertes (el 8 %). En 2018, los daños por hongos fueron altos y similares ($P=0.103$), aunque tendieron a ser mayores cuando se usó el malatión (el 16.0 %) y menores con el garrafón PET (el 9.5 %). El silo metálico hermético, la cal micronizada y la bolsa plástica hermética presentaron daños

intermedios (el 10.6 %, el 10.6 % y el 11.7 %, respectivamente). En 2019, los daños por hongos fueron significativamente diferentes ($P < 0.001$), fueron bajos en los silos metálicos herméticos (el 2.6 %), las bolsas plásticas herméticas (el 1.3 %), los garrafones PET (el 1.5 %) y las dos dosis de cal micronizada (el 1.5 % y el 2 %), y más considerables con la pastilla de fosforo de aluminio (el 9.2 %) (véase Figura 4).



■ **Figura 4.** Daños por hongos después de ocho meses de almacenamiento en diferentes tecnologías evaluadas en la plataforma de Cuautempan, Puebla, en 2018 y 2019. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Cuautempan, Puebla, buscó evaluar diferentes alternativas de almacenamiento de maíz, para minimizar el uso del control

químico de plagas y validar diferentes tecnologías herméticas y polvos inertes en dos periodos de tiempo: seis y ocho meses.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses en la plataforma poscosecha de Cuautempan, Puebla.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno con malatión	El 0.2% de daños por insectos y el 16.0% de daños por hongos. Efectiva en minimizar los daños por insectos, pero no es recomendada para los pequeños agricultores por representar un riesgo para la salud.
Costal de polipropileno con fosfuro de aluminio	Del 2.3% al 63.9% de daños por insectos y del 6.7% al 10.0% de daños por hongos. No es efectiva y por lo tanto no se recomienda para los pequeños agricultores pues representa un riesgo para la salud.
Silo metálico hermético	Del 0.3% al 2.7% de daños por insectos y del 2.6% al 10.6% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética (zíper)	El 0.1% de daños por insectos y del 1.3% al 11.6% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los pequeños agricultores.
Garrafón de PET	Del 0.4% al 0.7% de daños por insectos y del 1.4% al 9.5% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los pequeños agricultores.
Tambo plástico	El 2.6% de daños por insectos y el 6.3% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los pequeños agricultores.



Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 1.2% de daños por insectos y del 5.3% al 10.6% de daños por hongos. Muy efectiva y recomendada para los pequeños agricultores cuando no se cuenta con otras alternativas.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg)	El 1.7% de daños por insectos y del 2.0% al 6.3% de daños por hongos. Muy efectiva, pero se puede usar una dosis menor de 4 g/kg de granos.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (2 g/kg)	El 2.7% de daños por insectos y el 22% de daños por hongos. No efectiva y poco recomendada para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg)	El 2.3% de daños por insectos y el 5.3% de daños por hongos. Muy efectiva y altamente recomendada para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (6 g/kg)	El 1.3% de daños por insectos y el 5.6% de daños por hongos. Muy efectiva, pero la dosis de 4g/kg de granos tiene resultados similares.
Costal de polipropileno con hierba santa <i>P. auritum</i> (5 g/kg)	El 38.7% de daños por insectos y el 9% de daños por hongos. Poco efectiva y no recomendada para los pequeños agricultores en periodos de almacenamiento de más de seis meses.

5. Referencias

- Espidio, J., Navarro-Garza, H., Flores-Sánchez, D. y Báez-Pérez, A. (2020). Diversidad de sistemas de cultivo y transición agroecológica: estudio de caso en la Sierra Norte del estado de Puebla, México. *Agro Productividad*, 13(2), 23–29. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1530>
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: diagnostico mediante encuestas a pequeños productores. *EnIACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Odjo, S., Palacios-Rojas, N., Burgueño, J., Corrado, M., Ortner, T. y Verhulst, N., 2022. *Hermetic storage technologies preserve maize seed quality and minimize grain quality loss in smallholder farming systems in Mexico*. J. Stored Prod. Res. 96, 101954. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101954>
- Pino, O., Sánchez, Y. y Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management . I : Background , research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 81–94



Alternativas para minimizar las pérdidas de granos de maíz nativo en San José del Rincón, Estado de México

Colaboradores	Responsable de plataforma: Pablo Maya Agricultores cooperantes: Antonia Cruz y Martín Vieyra
Instituciones	Departamento Desarrollo Agropecuario del municipio San José del Rincón, Estado de México
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	San José del Rincón, Estado de México
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2747 msnm
Temperatura media anual	Dato no disponible
Temperatura mínima mensual	Dato no disponible
Temperatura máxima mensual	Dato no disponible
Humedad relativa mínima mensual	Dato no disponible
Humedad relativa máxima mensual	Dato no disponible
Precipitación anual	Dato no disponible
Años de evaluación	2020

1. Introducción

En el Estado de México, se cultivan aproximadamente 500 000 hectáreas de maíz, y es el territorio con la mayor superficie dedicada a la siembra de maíces de colores con 11 086 hectáreas. En esta región, se siembran principalmente maíces de colores azul y rojo, provenientes de las razas Chalqueño y Cónico, concentrándose en las regiones del Valle de Toluca-Atlacomulco y Valle de Chalco (SIAP, 2018). Actualmente, los agricultores de pequeña y mediana escala son quienes mantienen y manejan la diversidad del maíz en sus sistemas tradicionales de cultivo (Perales *et al.*, 2005; Pressoir y Berthaud, 2004), primordialmente para el autoconsumo en la elaboración de tortillas, atoles y otros antojitos mexicanos, como tlacoyos, sopes y quesadillas, así como por razones culturales, económicas y turísticas (SIAP, 2018).

La siembra de maíz azul se realiza generalmente en condiciones de temporal, desde mediados de

marzo hasta principios de abril, y se cosecha de forma manual en noviembre. Durante el proceso de producción, este tipo de maíces presenta problemas de acame, lo que limita su rendimiento agronómico, que oscila entre 6.7 a menos de 1.0 tonelada por hectárea (Miguel *et al.*, 2004). Después de la cosecha, las mazorcas se dejan en el patio o dentro de estructuras tradicionales como sincolotes para secar al aire libre. Posteriormente, se desgranar manualmente y el grano se limpia con arneros, para después conservarse en cubetas de plástico o costales de polipropileno, sin ningún tipo de acondicionamiento químico. Debido a la textura harinosa de su grano, este maíz es susceptible a la pudrición de mazorca y es altamente atacado por los insectos, lo que dificulta su conservación (Miguel *et al.*, 2004). Sin embargo, a menudo, los agricultores no reportan daños producidos durante el almacenamiento, ya que utilizan el maíz dañado como alimento para sus animales (Lazos y Chauvet, 2012).



El CIMMYT, a través de la Secretaría de Desarrollo Rural, capacitó a productoras y agricultores de la localidad Fábrica Concepción, en el municipio de San José del Rincón, Estado de México, sobre buenas prácticas poscosecha y estableció una pla-

taforma de almacenamiento para evaluar prácticas y tecnologías que ayuden a disminuir las pérdidas y contribuir a la preservación de la diversidad genética del maíz azul nativo.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha San José del Rincón, Estado de México, se estableció en la localidad de Fábrica Concepción, municipio de San José del Rincón, en la casa de la señora Antonia Cruz y el señor Martín Vieyra, quienes cooperaron con el proyecto. El grano utilizado en la plataforma fue maíz nativo azul, que provino del mismo productor. La siembra se realizó la segunda semana de abril, y se cosechó en noviembre de forma manual. El secado de la mazorca se llevó a cabo en el patio de la casa. El desgrane se hizo en febrero de forma manual, y el grano se limpió con arneros para separar el grano dañado por hongos e insectos, así como por impurezas (residuos de cosecha, tamo, etc.). El maíz almacenado tenía una humedad del 9.6 % y la temperatura promedio fue de 25.8 °C el día de la instalación de la plataforma.

Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, como se indica en la Tabla 1. Los recipientes se colocaron en una bodega con techo y paredes de cemento, y el piso de tierra. La bodega tenía una puerta que se mantuvo cerrada para evitar el paso de animales de

corral (principalmente gallinas, borregos y perros). La distancia entre los recipientes fue de aproximadamente 15 cm, los cuales se colocaron sobre una base de tabiques y tarimas de madera, a una altura de 40 cm del piso. La plataforma poscosecha se implementó durante cinco meses — se instaló el 11 de marzo del 2020 y se levantó el 03 de agosto de 2020 —. Se hicieron visitas de seguimiento mensual para monitorear el estado de las tecnologías de almacenamiento evaluados (véase Figura 1). En el cuarto mes se observaron daños por animales en los tratamientos de costal de polipropileno, aunque no había presencia de heces ni olor a orines, por lo que no quedó claro qué clase de roedor fue el causante. En la puerta se colocó una trabe para sellar la entrada y con ello no hubo más problemas. Se recolectaron muestras tanto en la instalación como en el levantamiento para medir el nivel de daños por insectos y hongos en los granos (deterioro físico como agujeros, grietas y decoloración). Las comparaciones de los tratamientos se realizaron por medio del análisis de varianza, seguido de la prueba de Tukey ($P=0.05$).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha San José del Rincón, Estado de México en 2020.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación (2020)
Convencional	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	5
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	5
Herméticas	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	5
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de granos)	5

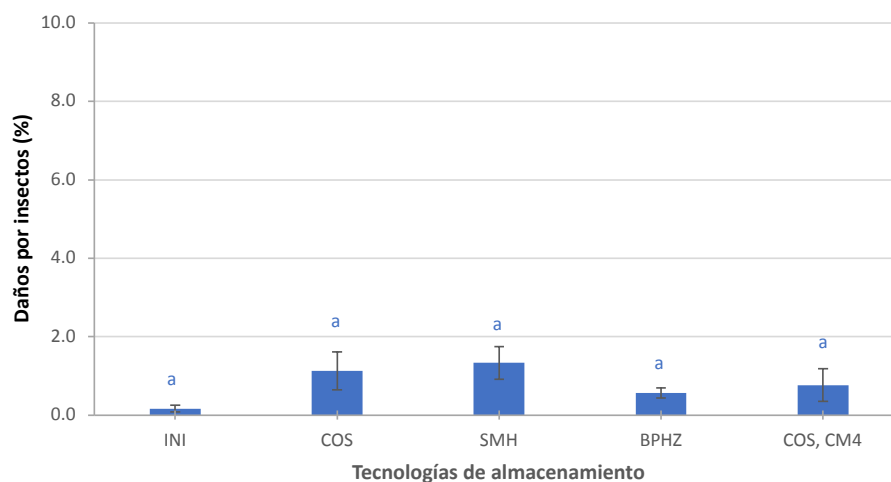


■ **Figura 1.** Familia que cooperó da seguimiento y monitoreo a la plataforma de San José del Rincón, MEX (izquierda). Productor repara el tratamiento de costal de polipropileno dañado por un roedor en Fábrica Concepción, San José del Rincón, Estado de México, el 23 de junio de 2020 (derecha).

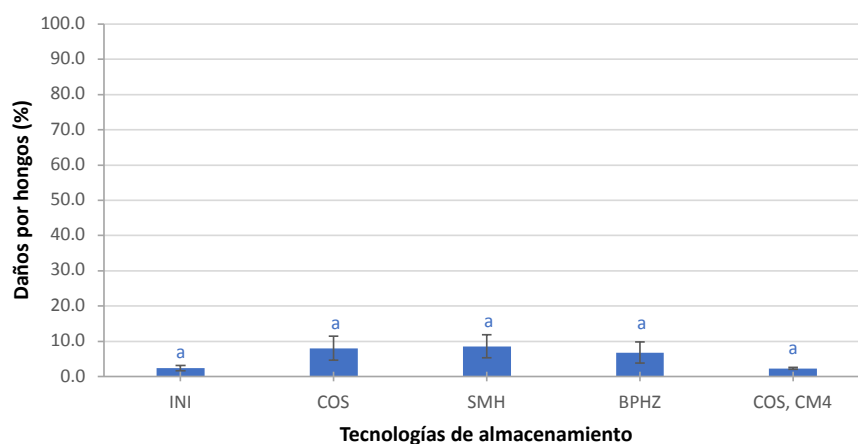
3. Resultados y discusión

Después del almacenamiento, los principales daños observados fueron causados por insectos y hongos. Los daños por insectos en los recipientes fueron bajos y similares ($P=0.215$), con una variación del 0.6 % al 1.3 % (véase Figura 2). Los daños por hongos también fueron similares ($P=0.285$), con un rango que osciló entre el 2.3 % y el 8.3 % (véase Figura 3). No se observaron insectos vivos en el muestreo. Esto puede explicarse por el hecho de que hubo un manejo adecuado antes del almacenamiento, lo

que implicó guardar granos sanos, limpios, secos y frescos. Además, las condiciones agroecológicas de la región (2 700 msnm, clima templado subhúmedo y semifrío subhúmedo) limitaron el desarrollo de insectos plaga (Odjo *et al.*, 2020). En las condiciones de la plataforma poscosecha de San José del Rincón, Estado de México, la aplicación de la regla de oro del almacenamiento permitió minimizar las pérdidas durante el almacenamiento, independientemente de la tecnología empleada.



■ **Figura 2.** Promedio de daños por insectos después de cinco meses de almacenamiento en diferentes tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma de San José del Rincón, Estado de México, en 2020. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales; escala del eje Y termina en el 10 %. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



■ **Figura 3.** Daños por hongos después de cinco meses de almacenamiento en diferentes tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma de San José del Rincón, Estado de México, en 2020. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.



4. Conclusión

La plataforma poscosecha de San José del Rincón, Estado de México, tuvo como objetivo evaluar diferentes alternativas de almacenamiento para maíces

nativos azules, los cuales son vulnerables a pudrición de mazorcas y al ataque de hongos e insectos durante el almacenamiento.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de cinco meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de San José del Rincón, Estado de México.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	El 1.1 % de daños por insectos y el 8.0 % de daño por hongo. Vulnerable a roedores, pero se pueden evitar con un buen monitoreo. Efectiva, en zonas templadas por arriba de los 2 700 msnm y con un buen manejo de grano antes del almacenamiento. Se recomienda usar en estas condiciones.
Silo metálico hermético	El 1.3 % de daños por insectos y el 8.6 % de daño por hongo. Efectiva, y se recomienda para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética con zíper	El 0.5 % de daños por insectos y el 6.8 % de daño por hongo. Efectiva, y se recomienda usar para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	El 0.7 % de daños por insectos y el 2.3 % de daño por hongo. Muy efectiva, y se recomienda usar para los pequeños agricultores.

5. Referencias

- Lazos, E. y Chauvet, M. (2012). Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. *Proyecto Global de Maíces Nativos. Informe de Gestión. CONABIO*, 534. http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/analisis_socio_cultural_maices.pdf
- Miguel, M. A., Arellano Vázquez, J. L., García De Los Santos, G., Miranda Colín, S., Mejía Contreras, A. J. y González Cossío, F. V. (2004). Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1), 9–15.
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Perales, H. R., Benz, B. F. y Brush, S. B. (2005). Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(3), 949–954. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408701102>
- Pressoir, G. y Berthaud, J. (2004). Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity*, 92(2), 95–101. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800388>
- SIAP (2018). *Atlas Agroalimentario 2012-2018*. Publicaciones SIAP, Gobierno de México, 115. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018.



El uso de polvos inertes para la conservación de los granos en los Valles Altos de México

Colaboradores	Sylvanus Odjo y Fabián Enyanche Velázquez
Instituciones	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Texcoco, Estado de México
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2 298 msnm
Temperatura media anual	15.4 °C
Temperatura mínima mensual	5.9 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.4 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 40 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 76 % (septiembre)
Precipitación anual	811 mm.
Años de evaluación	2017-2020

1. Introducción

En los Valles Altos de México (Estado de México, Ciudad de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla), los pequeños agricultores producen el maíz, particularmente en condiciones de temporal, para su autoconsumo y, en ocasiones, para vender el excedente en el mercado. Se cultivan variedades de maíces nativos e híbridos que generalmente se destinan a la producción de tortillas mediante un proceso de cocción alcalino que incluye el uso de la cal (dióxido de carbono). Sin embargo, la producción de maíz en esta región enfrenta muchos desafíos, entre los que se incluyen bajos rendimientos, falta de acceso a insumos de producción y servicios de extensión, así como un acceso limitado al mercado.

Las pérdidas de granos durante el almacenamiento continúan siendo unos de los retos más importantes que los agricultores enfrentan en esta demarcación. Aunque se encuentra en una zona de alta altitud, la presión por plagas puede ser considerable, lo que puede llevar a pérdidas importantes que alcanzan el 76% después de un año de almacenamiento, debido a malas prácticas poscosecha y a la pre-

sencia de las plagas principales como *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* y *Sitotroga cerealella* (García-Lara et al., 2019).

Existen diversos métodos para controlar los insectos durante el almacenamiento, y muchos agricultores recurren a productos químicos que pueden ser perjudiciales para su salud. Los polvos inertes, por otro lado, son una alternativa que puede ayudar a controlar las plagas poscosecha. Estos polvos, que son minerales, tienen efectos abrasivos y desecantes, que absorben la humedad de la cutícula de los insectos, lo que provoca su muerte por desecación. Existen diferentes tipos de polvos minerales, como cenizas, tierras de diatomeas, cal y zeolita. En México, los aztecas solían usar la cal para preservar la cantidad y calidad de los granos (Golob, 1997).

Los polvos inertes presentan la ventaja de ser de fácil acceso para los pequeños agricultores, sin embargo, la adición de cal u otro tipo de polvos inertes a los granos almacenados puede limitar su comercialización. No obstante, su uso es viable



para los granos destinados al autoconsumo, especialmente para aquellos que serán nixtamalizados, ya que este proceso incluye el uso de la cal.

Existe poca investigación sobre la efectividad de los polvos inertes en México, así como las dosis adecuadas para su uso. Por esto, se implementó

una plataforma poscosecha para evaluar la efectividad de los polvos inertes en comparación con la práctica convencional de los agricultores y otras tecnologías de almacenamiento, con el objetivo de desarrollar recomendaciones sobre su uso por parte de los pequeños agricultores.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha para la evaluación de los polvos inertes se estableció en Texcoco, Estado de México, en el campo experimental del CIMMYT en 2017, 2019 y 2020. En 2017 se usó el maíz híbrido blanco HC-8, mientras que en 2019 y 2020 se usó maíz nativo Magdalena Panoaya, Texcoco. Los maíces fueron producidos en la estación experimental del CIMMYT, con una fecha de siembra en mayo del año anterior a la instalación de la plataforma y una cosecha realizada entre la última semana de noviembre y la primera semana del siguiente mes.

Las diferentes tecnologías de almacenamiento evaluadas en estos tres años fueron:

1. La tecnología convencional de la región: costal de polipropileno.
2. Los polvos inertes en combinación con un costal de polipropileno: la cal micronizada —marca, MICROCAL, Calidra, con hidróxido de calcio micronizado $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al 95 %— en dosis de 2, 4 y 6 g por kg de granos; las tierras de diatomeas —marca Diatomix entre el 92 % y el 95 % de dióxido de silicio SiO_2 — en dosis de 2, 4 y 6 g por kg de granos.
3. Las tecnologías herméticas: bolsa plástica hermética con cierre (zíper) de GrainPro y silo metálico hermético.
4. Una tecnología hermética alternativa: el garrafón de PET (ver Tabla 1).

■ **Tabla 1.** Tecnología de almacenamiento evaluadas para maíz en la plataforma poscosecha, Estado de México.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación		
				2017	2019	2020
Tecnologías convencionales	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	6	6	6
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	6	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Ninguno	6	6	-



Polvos inertes	COS, CM2	Costal de polipropileno	Cal micronizada (2 g/kg de grano)	6	6	-
	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	6	6	-
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (Ca (OH) ₂ , 95%) (6 g/kg de grano)	6	-	-
	COS, TD2	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (2 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD6	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	-	6	-
Tecnologías herméticas alternativas	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	-	6	6

3. Resultados

3.1 Daños por insectos

Los daños iniciales fueron bajos (<del 2%) durante los tres años de evaluación (véase Figura 1). Después de seis meses de almacenamiento, se observaron daños causados por barrenadores y gorgojos. En general, los daños fueron bajos y similares en 2017 ($P=0.257$), pero más alto y significativamente diferentes en 2019 ($P<0.001$) y 2020 ($P=0.017$).

El costal de polipropileno, que es la práctica convencional de los agricultores, mostró daños variables en los tres años de la plataforma: el 0.2% de daños en 2017, el 47% en 2019 y el 8% en 2020. Esto puede explicarse por el nivel de infestación inicial de los granos antes del almacenamiento. En años con alta infestación previa al almacenamiento, el costal de polipropileno no protege suficientemente los granos de los ataques de los insectos.

Las tecnologías herméticas (SMH y BPHZ) mantuvieron daños muy bajos durante los tres años de evaluación: el 0.1%, el 0.5% y el 1.8% para el SMH respectivamente en 2017, 2019 y 2020; y el 0.9% por el BPHZ. El garrafón de PET, como tratamiento hermético alternativo, también fue efectivo en impedir el desarrollo de insectos durante el almacenamiento, con una pérdida de 1% en 2019 y en 2020 (ver Tabla 1). Las tecnologías herméticas fre-

naron la proliferación de los insectos al disminuir el nivel de oxígeno. El nivel de hipoxia creado impide el desarrollo de los insectos, que mueren por desecación (Baoua et al., 2012).

Los polvos inertes mostraron menos daños que el tratamiento convencional. En el caso de la cal micronizada, se observó una variación de acuerdo con la dosis y el año de evaluación. En 2019, se obtuvo el 13.2% de daños con la dosis de 2 g/kg de granos, mientras que se obtuvo el 4.9% de daños con la dosis de 4 g y 6 g/kg de granos. Respecto al año de evaluación, no se observaron daños en 2017 y solo el 1% de daños en 2020 (véase Figura 1). Estos resultados muestran que la dosis más adecuada para el uso de la cal en estas condiciones es la de 4 g/kg de granos y que los daños pueden depender del nivel de infestación inicial. Estos resultados son similares a los datos reportados por Odjo et al. (2020), quienes mencionan que la cal micronizada es más eficaz en zonas con baja humedad relativa y temperatura, como es el caso de los Valles Altos. En cuanto al acondicionamiento con la tierra de diatomeas, se presentaron en general daños mínimos (<de 1%) y no se ha detectado diferencias entre los años y la dosis de tierra de diatomeas. Las tierras de diatomeas también ocasionan la desecación de los insectos durante el almacenamiento, lo que permite



minimizar las pérdidas de granos (Korunić et al., 2016). De acuerdo con esta evaluación, una dosis de 2 g/kg de granos es suficiente para controlar

los insectos durante el almacenamiento, aunque se requieren más años de investigación.

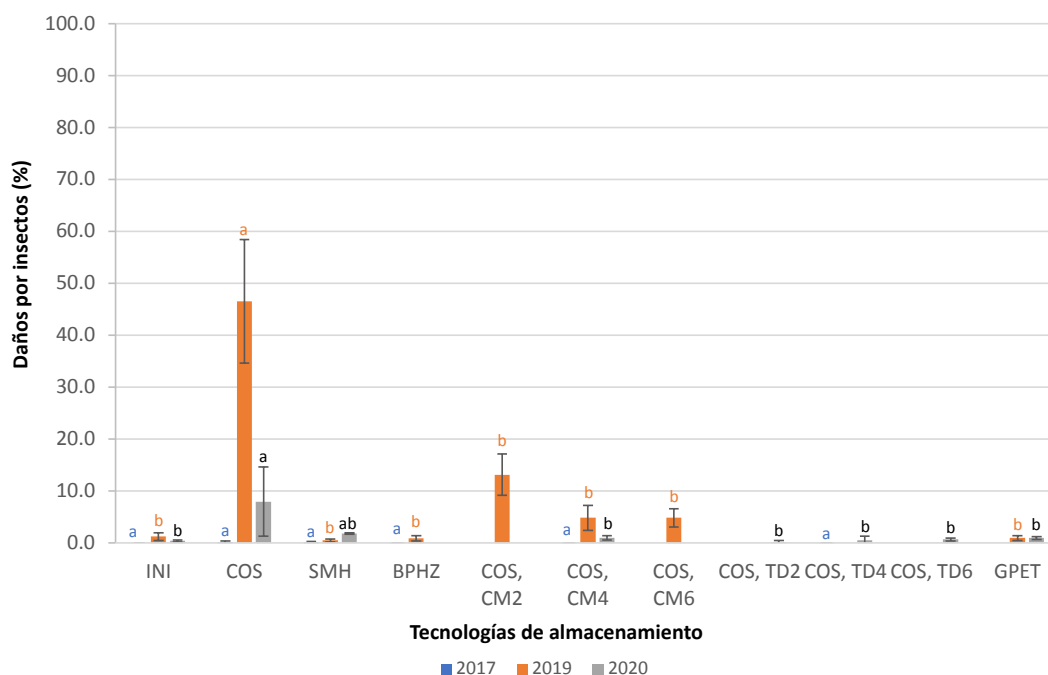


Figura 1. Daños por insectos (media $\pm$ desviación estándar) en granos almacenados por seis meses (180 días) en tratamientos evaluados entre 2017 y 2020 en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

3.2 Daños por hongos

Los daños iniciales por hongos fueron altos: el 5.1% en 2017, el 16.3% en 2019 y el 11.7% en 2020 (véase Figura 2). Esto demuestra que la infestación en campo fue muy importante, lo que podría haber tenido un impacto sobre el desempeño durante el almacenamiento. En los tres años de evaluación, los daños variaron significativamente entre los tratamientos en 2017 ($P=0.004$) y 2019 ($P<0.001$), mientras que en 2020 fueron similares ($P=0.072$). Con el costal de polipropileno, los daños variaron entre el 4% y el 10.6%. Las tecnologías herméticas y las herméticas alternativas tuvieron un desempeño similar a los daños iniciales, con una variación entre el 4.7 y el 11.5% para el SMH, el 5.9% y el 11.0% para la BPHZ y el 8.4 y el 12% para el GPET (véase Figura 2). Respecto a la cal micronizada, se observó una variación de acuerdo con la dosis de polvos usada para acondicionar el grano. En general, la dosis de 2 g/kg de granos tendió a presentar un mayor

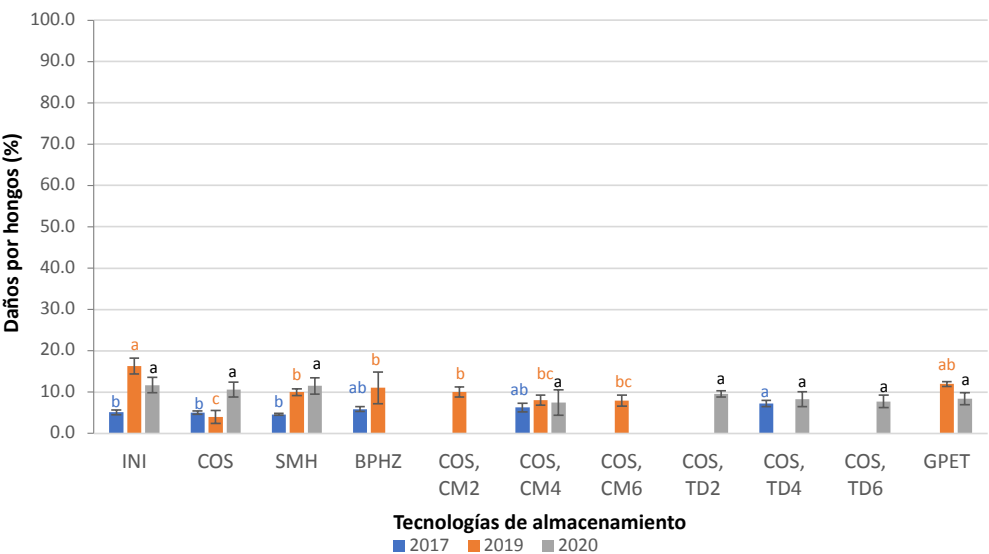
daño por hongos, mientras que no se observó una diferencia entre la dosis de 4 g/kg de granos y 6 g/kg de granos. Se evidenció una diferencia según el año de evaluación, aunque no se identificó una tendencia clara. No obstante, se pudo ver que el maíz nativo usado en estos experimentos en 2019 y 2020 mostró una mayor propensión a la infestación por hongos en comparación con el maíz híbrido utilizado en 2017.

La proliferación de hongos durante el almacenamiento es un problema recurrente en los Valles Altos, y sus causas son múltiples: la variedad, las condiciones de producción (suelo, ambiente, infestaciones previas) y el ambiente (por ejemplo, lluvias inesperadas que gracias a la humedad pueden fomentar su desarrollo). Es importante crear estrategias integrales para limitar su crecimiento en las condiciones de los pequeños agricultores y antes de almacenar, ya que los resultados de esta plataforma



mostraron que es difícil corregir este problema con tecnologías de almacenamiento (Odjo et al., 2022; Watson et al., 2021). También es importante desa-

rollar herramientas de bajos costos que permiten limpiar los granos atacados por hongos de forma adecuada.



■ **Figura 1.** Daños por hongos en granos almacenados durante seis meses (180 días) en los tratamientos evaluados entre el 2017 y el 2020 en la plataforma poscosecha Texcoco III, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión

En Texcoco, durante tres años se evaluaron diferentes opciones de almacenamiento con el objetivo de

minimizar los daños, con gran enfoque hacia la cal micronizada y la tierra de diatomeas.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	Del 0.2% al 46.6% de daños por insectos y del 4.0% al 11.0% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso por los pequeños agricultores.
Silo metálico hermético	Del 0.1% al 1.8% de daños por insectos y del 4.6% al 11.5% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos cuando hay un alto nivel de infestación inicial. Se recomienda su uso, aunque es necesario implementar estrategias de manejo integral de hongos antes y después de la cosecha, apropiadas para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Del 0.0% al 0.9% de daños por insectos y del 5.9% al 11.0% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos en casos de alto nivel inicial de infestación. Se recomienda su uso, aunque se requieren estrategias de manejo integral de hongos antes y después de la cosecha, adecuadas para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (2 g/kg de grano)	El 13.2% de daños por insectos y el 10.1% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda usar por los agricultores de los Valles Altos.



Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	Del 0.0% al 4.9% de daños por insectos y del 6.3% al 8.1% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos en caso de un alto nivel inicial de infestación. Se recomienda su uso para granos que se va a nixtamalizar. Es necesario implementar estrategias de manejo integral de hongos antes y después de la cosecha, apropiadas a las necesidades de los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg de grano)	El 4.9% de daños por insectos y el 7.9% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos en caso de un alto nivel inicial de infestación. No se recomienda su uso porque una dosis de 4 g/kg de granos ofrece el mismo resultado y representa un sobre costo.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (2 g/kg de grano)	El 0.2% de daños por insectos y el 9.6% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso por los agricultores en los Valles Altos.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	Del 0.0% al 0.6% de daños por insectos y del 7.2% al 8.3% de daños por hongos. Efectiva contra los insectos, pero no contra los hongos con alto nivel inicial de infestación. Se recomienda su uso para granos que se van a nixtamalizar. Se requieren estrategias de manejo integral de los hongos antes y después de la cosecha, apropiadas según las necesidades de los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal tierra de diatomeas (6 g/kg de grano)	El 0.7% de daños por insectos y el 7.7% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos con alto nivel inicial de infestación. No se recomienda su uso porque una dosis de 4 g/kg de granos ofrece el mismo resultado y representa un sobre costo.
Garrafón de PET	El 1% de daños por insectos y del 8.4% al 12.0% de daños por hongos. Efectiva contra insectos, pero no contra hongos con alto nivel inicial de infestación. Se recomienda su uso, pero se requieren estrategias de manejo integral de los hongos antes y después de la cosecha, adecuadas a las necesidades de los pequeños agricultores.

5. Referencias

- Baoua, I. B., Margam, V., Amadou, L. y Murdock, L. L. (2012). Performance of triple bagging hermetic technology for postharvest storage of cowpea grain in Niger. *Journal of Stored Products Research*, 51, 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.07.003>
- García-Lara, S., García-Jaimes, E. y Bergvinson, D. J. (2019). Mapping of maize storage losses due to insect pests in central Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101529. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101529>
- Golob, P. (1997). Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 69–79. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00031-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00031-8)
- Korunić, Z. K., Rozman, V., Liška, A. y Lucić, P. (2016). A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. *Poljoprivreda*, 22(1), 10–18. <https://doi.org/10.18047/poljo.22.1.2>
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C. y Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138(August 2021), 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Watson, A. G., Aleckovic, S. y Nallamothu, R. (2021). A novel and improved solar drying system appropriate for smallholder farmers. *Drying Technology*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1931295>



Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas poscosecha de maíces nativos en Texcoco, Estado de México

Colaboradores	Sylvanus Odjo y Fabián Enyanche Velázquez
Instituciones	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Texcoco, Estado de México
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2 298 msnm
Temperatura media anual	15.4 °C
Temperatura mínima mensual	5.9 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.4 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 40 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 76 % (septiembre)
Precipitación anual	811 mm.
Años de evaluación	2019-2021

1. Introducción

En el Estado de México se cultivan aproximadamente 500 000 hectáreas de maíz, de las cuales cerca del 90 % se hace bajo temporal y con semilla nativa seleccionada ciclo tras ciclo por las familias agricultoras (García-Lara et al., 2019; SIAP, 2018). La diversidad genética de los maíces nativos es particularmente importante en este estado, ya que es uno de los territorios mexicanos con mayor superficie (11 000 hectáreas) dedicada a la siembra de maíces de colores — blancos, blanco mezclado con otros colores, azul, negro, pinto, rosado y rojo—, provenientes principalmente de las razas Chalqueño, Cónico, Cacahuacintle y Ancho, típicas del Valle de México (Aguilar-Juárez et al., 2021; Magdaleno-Hernández et al., 2016).

El cultivo de maíz se puede encontrar en monocultivo o en sistemas diversificados; asociados con frijol y calabaza, o en rotación principalmente con haba, trigo, cebada, avena, chile, alverjón, flores y otras hortalizas (Magdaleno-Hernández et al., 2016). La siembra se realiza desde finales de marzo

hasta mediados de mayo (Romero et al., 2023). El rendimiento fluctúa entre 1.0 a 3.6 t/ha, y las principales limitantes de la producción se relacionan con el clima: la sequía acentuada durante la canícula y en etapas fisiológicas críticas del cultivo, heladas tardías y acame de plantas durante eventos de tormentas (Aguilar-Juárez et al., 2021).

Las prácticas del sistema poscosecha también son diversas y dependen del conocimiento tradicional, los recursos disponibles y la asistencia técnica (véase Figura 1). Las pérdidas poscosecha de granos de maíz en el Estado de México durante el almacenamiento dependen de las condiciones agroecológicas regionales y están acentuadas por plagas específicas que consumen los granos; en el sur, las pérdidas pueden alcanzar hasta el 76 %, principalmente por gorgojos (*Sitophilus zeamais*); en el norte y oriente, son el 18 % y el 10 %, respectivamente, por barrenadores (*Prostephanus truncatus*); y en el centro, son del 5 % causadas por palomillas (*Sitotroga cerealella*) (García-Lara et al., 2019).



Además, los granos de maíces nativos, debido a sus características específicas —tamaño, color, dureza, tipo de endospermos, etc.— promovidas por la selección para la diversidad gastronómica y otros usos, pueden ser vulnerables a las plagas durante el almacenamiento (Rangel-Fajardo *et al.*, 2023; De Groote *et al.*, 2017), por lo que se requiere un manejo especial poscosecha, que ayude a la conservación de la diversidad y la disponibilidad de granos como alimento de las familias agricultoras.

Con base en la problemática relacionada con las pérdidas poscosecha, se estableció una plataforma para evaluar el efecto de tecnologías herméticas en la conservación de diferentes maíces nativos y para conocer la susceptibilidad de estos granos a las plagas poscosecha, con el fin de hacer recomendaciones para los pequeños agricultores del Estado de México.



■ **Figura 1.** Actividades del sistema poscosecha tradicional en el Estado de México: A) Troje tradicional para secar las mazorcas de maíz después de ser cosechadas en San José del Rincón el 20 de noviembre de 2019, B) Productor realiza deshoje de mazorcas de maíz y selección de hoja para la comercialización en Atenco el 30 de junio de 2019.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México, se estableció en el campo experimental El Batán del CIMMYT. Se usaron cuatro variedades de maíz nativo: blanco Magdalena Panoaya Texcoco, amarillo Villa del Carbón, rosa Villa del Carbón y azul San José del Rincón. Estas variedades se recolectaron y luego se sembraron el 4 de mayo de 2019 en la estación experimental del Batán, Texcoco, del CIMMYT. La cosecha se realizó de forma manual a finales de octubre, se extrajo la mazorca de la hoja y se colocó en costales de polipropileno (véase Figura 2A). El secado se realizó al colocar las mazorcas en un patio de secado con un espesor de 15 cm, del 30 de octubre al 9 de noviembre. El desgrane y la limpieza se realizaron el 15 de enero de 2019. El desgrane se hizo de forma mecanizada con una desgranadora Herconth (Modelo 1750) con motor a gasolina de 5.5 hp (véase Figura 2B). La limpieza

se realizó con una criba de 5 mm de abertura y una sopladora de motor eléctrico. La humedad y la temperatura del grano el día de la instalación fueron el 10.0% y 22.2 °C para maíz nativo blanco Magdalena Panoaya, el 10.5% y 21.5 °C para maíz amarillo Villa del Carbón, el 11.8% y 21.4 °C para maíz azul San José del Rincón y el 12.6% y 21.6 °C para maíz rosa Villa del Carbón.

La plataforma se instaló en una bodega con techo, piso y paredes de cemento. Los recipientes se colocaron sobre tarimas de madera a una altura de 32 cm del piso y a una distancia de 15 cm entre ellos. Se evaluaron tres grupos de tecnologías de almacenamiento:

1. Convencionales: incluye el uso de costal de polipropileno.



- 2. Herméticas: bolsa plástica hermética zíper y botella de PET como tecnología hermética alternativa.
- 3. Polvos inertes: cal micronizada (4 g/kg de grano) en el costal de polipropileno.

No todas las variedades fueron evaluadas con todos los tratamientos debido a la falta de grano, ocasionada por la baja productividad de estas. Las

variedades rosa Villa del Carbón y azul San José del Rincón fueron evaluadas con el tratamiento convencional y la botella de PET; la variedad amarillo Villa del Carbón fue evaluada al comparar el costal de polipropileno con la bolsa plástica hermética zíper; y la variedad Magdalena Panoaya fue evaluada al usar el costal de polipropileno, la bolsa plástica hermética con zíper, y el costal de polipropileno con la cal micronizada (ver Tabla 1).



Figura 2. Manejo poscosecha de los granos de maíz nativo usados en la plataforma poscosecha: A) Cosecha manual de maíz, donde se extrae la mazorca de la hoja y se coloca en costales de polipropileno. B) desgrane mecanizado de mazorcas de maíz nativo en Texcoco, Estado de México.

Tabla 1. Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México de 2019.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses)		Variedades evaluadas			
						Magdalena Panoaya Blanco	Villa del Carbón Amarillo	Villa del Carbón Rosa	San Jose del Rincón Azul
Tecnología convencional	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	3	6	x	x	x	x
Tecnologías herméticas	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Ninguno	3	6	x	x		
Tecnologías herméticas alternativas	BPET	Botella de PET	Ninguno	3	6			x	x
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de granos)	3	6	x			



Se evaluaron dos periodos de almacenamiento: de tres y seis meses —febrero a mayo y febrero a agosto, respectivamente—. Se realizaron visitas de seguimiento mensuales para monitorear el estado

de las tecnologías de almacenamiento evaluadas. Se tomaron muestras de grano al inicio y al final para medir el nivel de daños.

3. Resultados

3.1. Daños por insectos

Los barrenadores y gorgojos fueron las principales plagas observadas durante el periodo de almacenamiento, típicas de las condiciones agroecológicas de esta región (García-Lara et al., 2019).

En la plataforma, los daños por insectos fueron bajos con la tecnología convencional hasta los tres meses de almacenamiento: el 2.4% en maíz nativo amarillo Villa del Carbón, el 7.4% en maíz nativo azul San José del Rincón, y el 3.5% en maíz nativo blanco Magdalena Panoaya, excepto en el caso del maíz nativo rosa Villa del Carbón, que presentó el 38.1% de daños por insecto (véase Figura 3). Los daños por insectos entre tecnologías variaron significativamente en maíz nativo amarillo Villa del Carbón ($P=0.012$), maíz nativo azul San José del Rincón ($P=0.015$), maíz nativo rosa Villa del Carbón ($P<0.001$), y maíz nativo blanco Magdalena Panoaya ($P=0.001$). Después de seis meses, los daños por insecto fueron significativamente mayores con la tecnología convencional: el 36.2% en maíz nativo amarillo Villa del Carbón ($P<0.001$), el 59.5% en maíz nativo azul San José del Rincón ($P<0.001$), el 50.5% en maíz nativo blanco Magdalena Panoaya ($P<0.001$), y el 61.4% en maíz nativo rosa Villa del Carbón ($P<0.001$) (véase Figura 4).

Las condiciones climáticas como la temperatura máxima y la humedad relativa durante el periodo de almacenamiento en la región de los Valles Altos son factores que limitan el desarrollo de plagas entre los tres y seis meses, con respecto a las regiones tropicales (García-Lara et al., 2019; Odjo et al., 2020). Sin embargo, las malas prácticas poscosecha y las tecnologías convencionales de almacenamiento han resultado poco efectivas para la protección de los granos de los maíces nativos durante periodos largos de almacenamiento, lo que causa altos valores de pérdidas en las condiciones de los pequeños agricultores, que normalmente cosechan para el autoconsumo —aproximada-

mente el 90% de los sistemas de producción en la región de influencia a la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México— (González-Regalado et al., 2017).

Las tecnologías herméticas demostraron ser muy efectivas para controlar los daños por insectos. Los granos de maíz nativo amarillo Villa del Carbón almacenados en la bolsa plástica hermética presentaron daños de 1.3 y del 2.2% después de tres y seis meses de almacenamiento, respectivamente (véanse Figuras 5 y 6). Los granos de maíz nativo blanco Magdalena Panoaya tuvieron daños del 1.3% después de tres y seis meses de almacenamiento en la bolsa plástica hermética (véanse Figuras 3 y 4). Las tecnologías herméticas en los Valles Altos resultan ser tecnologías seguras para conservar los granos de maíz nativo durante largos periodos sin el uso de productos químicos de síntesis (Odjo et al., 2020).

Las tecnologías herméticas alternativas también fueron efectivas para minimizar los daños en comparación con la tecnología convencional utilizada por los pequeños agricultores. Los granos de maíz nativo azul San José del Rincón guardados en botellas de PET tuvieron daños por insectos de 3.8 y de 11.4% después de tres y seis meses de almacenamiento, respectivamente (véanse Figuras 3 y 4). Los granos de maíz nativo rosa Villa del Carbón presentaron daños de 2.4 al 4% (véanse Figuras 5 y 6). Las botellas de PET funcionan con el mismo principio de una tecnología hermética, pero son más asequibles, por lo que son soluciones adecuadas para los pequeños agricultores (Odjo et al., 2022a).

El uso de polvos inertes fue eficiente para controlar los daños por insectos después de seis meses de almacenamiento en comparación con el costal de polipropileno. Los granos de maíz nativo blanco Magdalena Panoaya mostraron daños por insectos de 2.4% después de tres meses de almacenamiento



y de 7.0% después de seis meses (véanse Figuras 3 y 4). Sin embargo, es importante considerar que las infestaciones por hongos antes del almacenamiento podrían dejar los granos vulnerables a ser más fácil-

mente atacados por insectos, lo que reduciría el efecto abrasivo de los polvos inertes para controlar las plagas con un mayor lapso de evaluación.

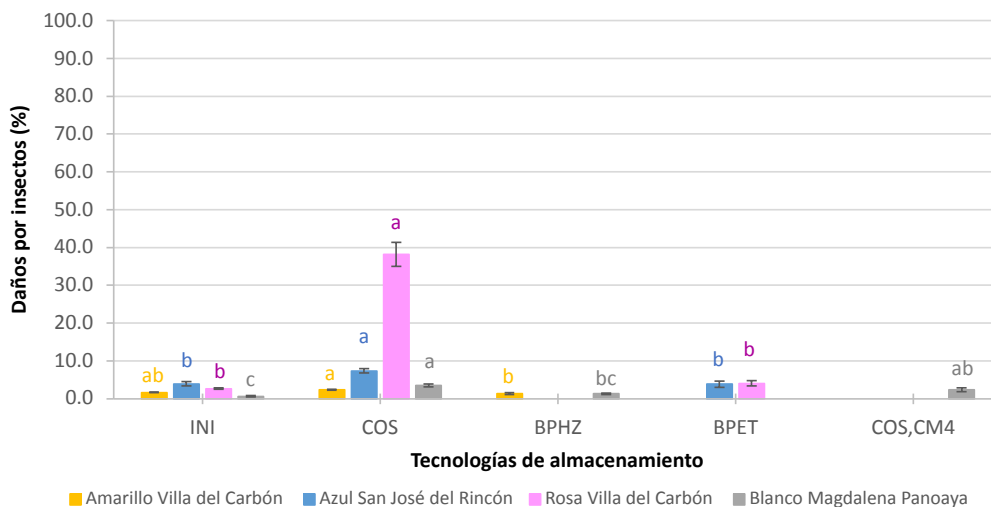


Figura 3. Daños por insectos durante tres meses de almacenamiento de cuatro variedades de maíz nativo en 2019, en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con la misma variedad según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Repetidas leyendas figuras 3 y 4 Revisar

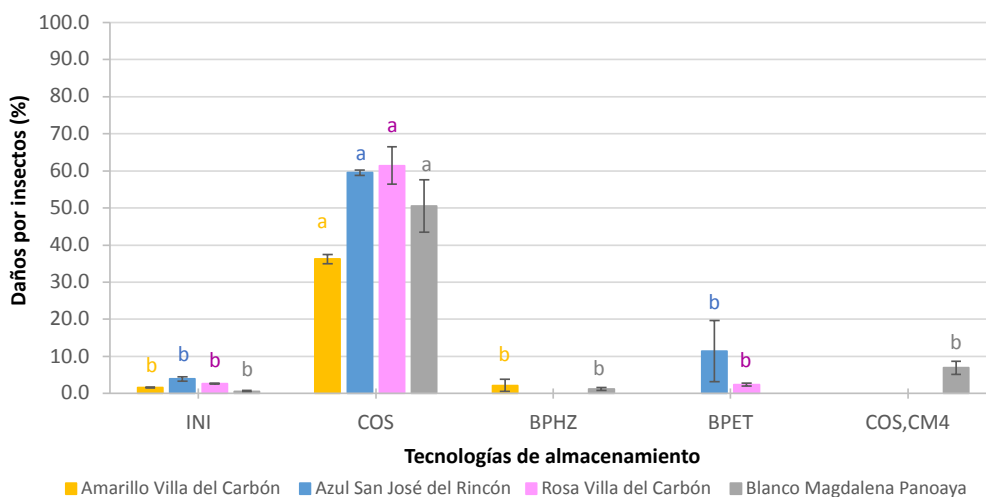


Figura 4. Daños por insectos durante seis meses de almacenamiento de cuatro variedades de maíz nativo en 2019, en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con la misma variedad según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Repetidas leyendas figuras 3 y 4 Revisar



3.2 Daños por hongos

Las variedades nativas presentaron daños elevados por hongos desde el inicio del periodo de almacenamiento: maíz nativo amarillo Villa del Carbón el 16.4%, maíz nativo azul San José del Rincón el 12.8%, maíz nativo rosa Villa del Carbón el 11% y maíz nativo blanco Magdalena Panoaya el 7.8% (véase Figura 5). Después de tres meses de almacenamiento, los daños en el maíz nativo amarillo Villa del Carbón fueron de 23% tanto en la tecnología convencional como en la bolsa plástica hermética Ziploc ($P=0.167$). En el caso del maíz nativo azul San José del Rincón los daños fueron de 22.5% en el costal de polipropileno y de 26.3% en la botella de PET, significativamente mayores al nivel inicial ($P<0.001$). Los daños en el maíz nativo rosa Villa del Carbón alcanzaron el 16.6% en el costal de polipropileno y el 20.3% en la botella de PET ($P=0.003$). En el maíz nativo blanco Magdalena Panoaya, Los

daños fueron de 10.8% con cal micronizada (4 g/kg de grano), de 12.7% en costal de polipropileno y de 13.21% en bolsa plástica hermética zipper ($P=0.002$, Figura 5).

En la región de los Valles Altos, las pérdidas por hongos en maíces nativos fueron altas, incluso con el uso de tecnologías herméticas, herméticas alternativas y polvos inertes. Se observó que estos maíces eran vulnerables a las infestaciones por hongos desde el campo, por lo que se sugiere la necesidad de implementar estrategias de manejo integral antes y después de la cosecha, adaptadas a las necesidades de los pequeños agricultores. Estas estrategias deberían incluir la planificación de fechas de siembra, una adecuada frecuencia de riegos, control de plagas, buen manejo de suelos, uso de control biológico, tecnología de secado y limpieza (Odjo *et al.*, 2022b; Watson *et al.*, 2021).

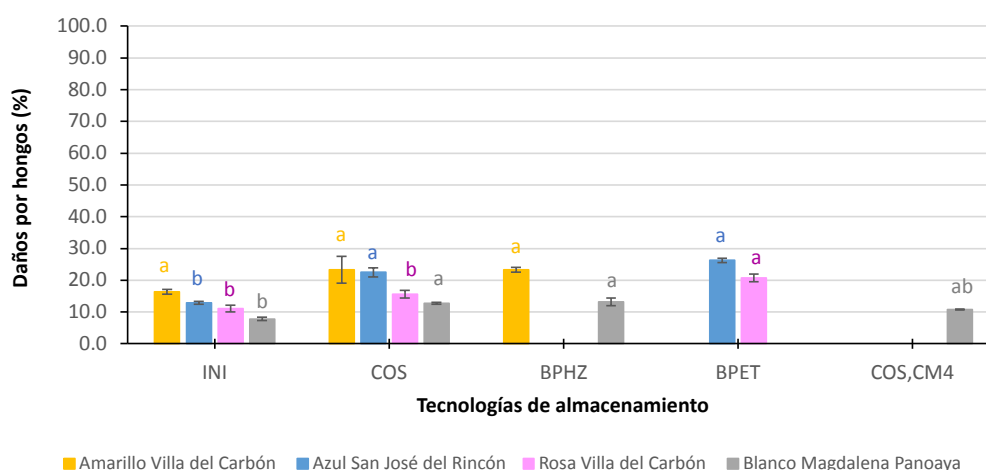
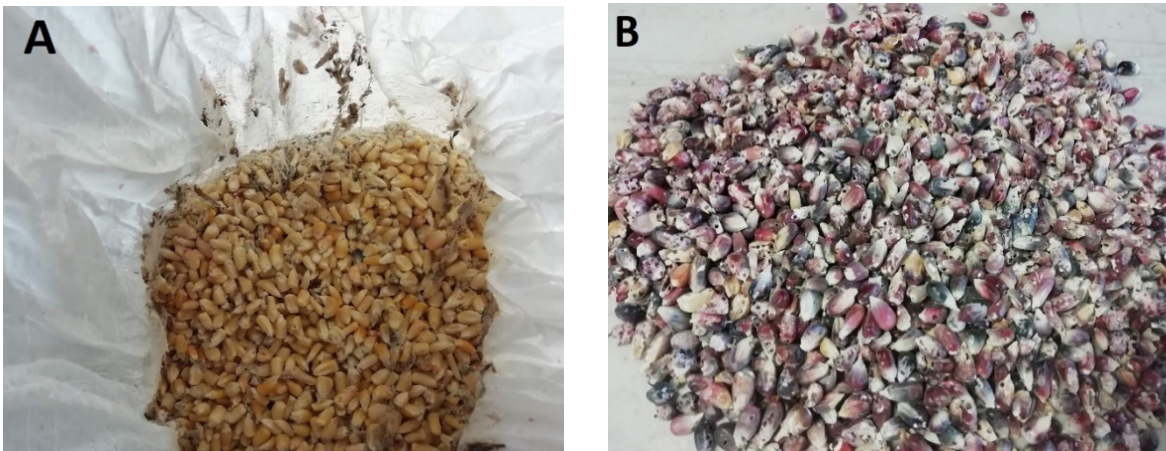


Figura 3. Daños por hongos durante tres meses de almacenamiento de cuatro variedades de maíz nativo en 2019, en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con la misma variedad según la prueba de Tukey ($P=0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

Repetidas leyendas figuras 3 y 4 Revisar ¿deberían ser 5 y 6 las últimas?

No se reportaron daños por hongos después de seis meses de almacenamiento debido al severo daño causado por insectos en la tecnología convencional, lo que limitó la cuantificación de los daños

por hongos (véanse Figuras 4a y 4b). Además, el desempeño limitado de las tecnologías alternativas fue influenciado por los altos niveles de daños desde el inicio del periodo de almacenamiento.



■ **Figura 4.** Granos de maíz dañados por insectos después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México, en 2019: (A) Granos de maíz nativo amarillo Villa del Carbón almacenados en costales de polipropileno e infestados de pupas y adultos de barrenador y gorgojos. (B) Maíz nativo azul San José del Rincón dañado completamente por insectos.

Repetidas leyendas figuras 3 y 4 Revisar ¿deberían ser 5 y 6 las últimas?

4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México, se diseñó para evaluar el impacto de las tecnologías herméticas en la conservación de diferentes variedades de maíces nativos, y para estudiar su susceptibilidad a las plagas poscosecha. El

objetivo fue realizar recomendaciones y promover tecnologías adecuadas, para contribuir con la conservación de la diversidad y a la seguridad alimentaria para las familias agricultoras de la región.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	En el maíz nativo Magdalena Panoaya, entre el 3.6% y el 50.5% de daños por insectos, mientras que el 8.0% y el 12.7% de daños por hongos. En el maíz nativo amarillo Villa del Carbón, entre el 2.4% y el 36.2% de daños por insectos, y de daños por hongos entre el 12.7% y el 23.3%. En el maíz nativo azul San José del Rincón, entre el 7.4% y el 59.5% de daños por insectos, y entre el 9.5% y el 22.5% de daños por hongos. Por último, en el maíz nativo rosa Villa del Carbón, entre el 38.1% y el 61.4% de daños por insectos, mientras que entre el 15.6% y el 4.4% de daños por hongos. No efectiva y no se recomienda su uso para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	En el maíz nativo Magdalena Panoaya, entre el 1.2% y el 1.3% de daños por insectos, mientras que el 12.9% y el 13.2% de daños por hongos. En el maíz nativo amarillo Villa del Carbón, entre el 1.3% y el 2.2% de daños por insectos, y entre el 13.9% y el 23.3% de daños por hongos. Efectivas para insectos, pero no para hongos. Se requieren estrategias de manejo integral de hongos, apropiadas para los pequeños agricultores, tanto antes como después de la cosecha.
Botella de PET	En el maíz nativo azul San José del Rincón, entre el 3.8% y el 11.4% de daños por insectos, mientras que entre el 19.0% y el 26.3% de daños por hongos. En el maíz nativo rosa Villa del Carbón, entre el 2.5% y el 4.1% de daños por insectos, y entre el 12.8% y el 20.7% de daños por hongos. Efectivas para insectos, pero no para hongos. Se requieren estrategias de manejo integral apropiadas para los pequeños agricultores, para antes y después de la cosecha.



Costal de polipropileno con
cal micronizada (4 g/kg de
grano)

En el maíz nativo Magdalena Panoaya, entre el 2.4 % y el 7.0 % de daños por
insectos, mientras que entre el 10.2 % y el 10.8 % de daños por hongos. **Efectiva y se
recomienda su uso** para los agricultores en los Valles Altos, siempre que se aplique la
regla de oro del almacenamiento para garantizar su eficacia.

5. Referencias

- Aguilar-Juárez, J. A., González-Regalado, J. J. y Ortega-Paczka, R. (2021). Colección núcleo y su aprovechamiento para el monitoreo de la problemática de diferentes tipos de maíz, caso sureste del Estado de México. In R. Ortega-Paczka (Ed.), *Estudios de diversidad, conservación in situ y mejoramiento de maíces nativos en México* (Primera ed., pp. 129–140). <https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=detalle&nt=361572>
- De Groote, H., De Groote, B., Bruce, A. Y., Marangu, C. y Tefera, T. (2017). Maize storage insects (*Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus*) prefer to feed on smaller maize grains and grains with color, especially green. *Journal of Stored Products Research*, 71, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.01.005>
- García-Lara, S., García-Jaimes, E. y Bergvinson, D. J. (2019). Mapping of maize storage losses due to insect pests in central Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101529. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101529>
- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *EnlACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velazquez, M. A., Sanchez-Escudero, J. y García-Cué, J. L. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(3), 437–447. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722016000300437&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Odjo, S., Bongianino, N., González Regalado, J., Cabrera Soto, M. L., Palacios-Rojas, N., Burgueño, J. y Verhulst, N. (2022a). Effect of Storage Technologies on Postharvest Insect Pest Control and Seed Germination in Mexican Maize Landraces. *Insects*, 13(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/insects13100878>
- Odjo, S., Alakonya, A. E., Rosales-Nolasco, A., Molina, A. L., Muñoz, C. y Palacios-Rojas, N. (2022). Occurrence and postharvest strategies to help mitigate aflatoxins and fumonisins in maize and their co-exposure to consumers in Mexico and Central America. *Food Control*, 138(August 2021), 108968. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108968>
- Rangel-Fajardo, M. A., Tucuch-Haas, I., Burgos-Díaz, J. A., Gómez-Montiel, N. O., y Basto-Barbudo, D. de la C. (2020). Control de gorgojo (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) con polvos de epazote (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants) en diferentes genotipos de maíz. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 43(3), 307–316. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.307>
- SIAP. (2018). Atlas Agroalimentario 2012-2018. *Publicaciones SIAP, SAGARPA Gobierno de México*. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Watson, A. G., Aleckovic, S. y Nallamothu, R. (2021). A novel and improved solar drying system appropriate for smallholder farmers. *Drying Technology*, 40(11), 2274–2282. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1931295>



Evaluación de alternativas sustentables para minimizar las pérdidas de granos durante el almacenamiento de frijol en Texcoco, Estado de México

Colaboradores	Sylvanus Odjo y Fabián Enyanche Velázquez
Instituciones	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Texcoco, Estado de México
Clima	Templado (Cwb)
Altitud	2298 msnm
Temperatura media anual	15.4 °C
Temperatura mínima mensual	5.9 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	25.4 °C (abril)
Humedad relativa mínima mensual	el 40 % (marzo)
Humedad relativa máxima mensual	el 76 % (septiembre)
Precipitación anual	811 mm.
Años de evaluación	2019-2021

1. Introducción

En México, el frijol forma parte fundamental de la dieta tradicional de las familias, y Valles Altos es una de las regiones con mayor demanda, debido a la presencia de grandes concentraciones urbanas y suburbanas en la Ciudad de México y el Estado de México. El sistema de producción de frijol en Valles Altos se realiza principalmente por pequeñas familias productoras bajo condiciones de temporal. El manejo poscosecha de los granos de frijol se realiza con el inicio de la cosecha manual, que va desde finales de agosto hasta noviembre. Los agricultores deciden el momento de la cosecha con base en el color de las hojas y vainas, la caída de las hojas y el secado completo de la planta (López-Báez, 2018). Sin embargo, es importante monitorear la cosecha, ya que, si las plantas permanecen mucho tiempo en el campo, las vainas pueden abrirse y los granos se perderían. La trilla se hace con el apoyo de animales de carga, de forma mecanizada o manual —varear o pisar—. La limpieza del grano se hace con el

aprovechamiento de las corrientes de un día con viento o al usar un ventilador. El grano producido se destina al autoconsumo, y algunas familias productoras venden parte de su cosecha (López-Báez, 2018).

Durante el almacenamiento, las principales plagas que afectan al frijol son *Acanthoscelides obtectus* (gorgojo pardo) y *Zabrotes subfasciatus* (gorgojo pinto), las cuales pueden causar pérdidas de entre el 10 % hasta el 50 % de los granos, una cifra alarmante si se consideran los bajos niveles de producción de las pequeñas familias productoras. El control de estas plagas se hace con diferentes métodos, como el uso de polvos inertes (hidróxido de cal y ceniza), extractos vegetales y el control químico (Schoonhoven y Cardona, 1980). Entre los insecticidas más frecuentes se encuentran el fosfuro de aluminio, malatión y bromuro de metilo, que, además de ser nocivos para la salud de las



familias productoras debido a un deficiente manejo (Regnault-Roger y Hamraoui, 1995), son poco efectivos para conservar la calidad de los granos, lo que afecta tanto su consumo como su venta, y esto disminuye la disponibilidad de alimentos y oportunidades de mejores precios en el mercado (Acosta-Gallegos et al., 2021).

Con base en las principales problemáticas poscosecha, se estableció una plataforma en Texcoco, Estado de México, con el objetivo de evaluar alternativas sustentables que minimicen las pérdidas de granos durante el almacenamiento de frijol en Valles Altos de México.

2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México, se estableció en el campo experimental El Batán del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Los granos usados fueron frijol pinto Saltillo en 2019, frijol negro Tacará en 2020, y en 2021 frijol pinto Saltillo (2021a) y rayado rojo (2021b). La siembra se realizó entre finales de mayo e inicios de julio, y la cosecha tuvo lugar entre mediados de septiembre y finales de octubre. El secado de vainas se realizó en un patio durante tres semanas, se taparon y destaparon cuando se requería; además, cada semana se volteaban las plantas para que el secado fuera homogéneo. La trilla se realizó al golpear las plantas secas, y la limpieza se hizo con una sopladora de motor eléctrico. El grano presentó una humedad entre el 10.4% y el 12.3%, a una temperatura entre los 17 °C y 22.8 °C el día de la instalación de la plataforma.

La plataforma se instaló en una bodega con techo, piso y paredes de cemento. Los recipientes se colo-

caron sobre tarimas de madera a una altura de 32 cm del suelo y con una distancia de 15 cm entre ellos. Se evaluaron tres grupos de tecnologías de almacenamiento (ver Tabla 1):

1. Convencionales: incluyó el uso de costal de polipropileno.
2. Herméticas: bolsa plástica hermética de amarre, ZeroFly (Vestergaard), y garrafones de PET como tecnología hermética alternativa.
3. Polvos inertes a diferentes dosis: cal micronizada (4 y 6 g/kg de grano).

Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. El periodo de almacenamiento fue de seis meses —febrero a agosto—. Se hicieron visitas de seguimiento mensuales para monitorear el estado de las tecnologías de almacenamiento evaluadas. Se recolectaron muestras al inicio y al final del ensayo para medir el nivel de daños (véase Figura 1).

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha Texcoco I, Estado de México, de 2019 a 2021.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación			
				2019	2020	2021a ¹	2021b ¹
Tecnología convencional	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	6	6	6	6
	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	-	-	-
Tecnologías herméticas	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Ninguno	6	-	6	6
	BPHA	Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	Ninguno	-	6	-	-
	ZFLY	Bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard) (con un costal de polipropileno impregnado de un insecticida, la deltametrina)	Ninguno	6	6	-	-



Tecnologías herméticas alternativas	GPET	Garrafón de PET	Ninguno	-	6	-	-
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de granos)	6	-	6	6
	COS, CM6	Costal de polipropileno	Cal micronizada (6 g/kg de granos)	6	-	-	-

¹ frijol pinto Saltillo (2021 a) y frijol rayado rojo (2021 b).



■ **Figura 1.** Equipo técnico realiza identificación de daños en granos de frijol durante levantamiento de la plataforma poscosecha en 2021 en Texcoco, Estado de México.

3. Resultados

Después del almacenamiento, los principales daños fueron causados por insectos y hongos. Aunque durante el periodo de almacenamiento se observaron heces de roedor, pero ningún tratamiento resultó afectado por estos animales.

3.1 Daños por insectos

En 2019, los daños por insectos en las tecnologías evaluadas fueron bajos y similares ($P=0.480$), a

pesar de la tendencia a obtener menores daños con el silo metálico hermético (el 0.7%) y mayores con la bolsa plástica hermética ZeroFly (el 6.1%). En 2020, los daños por insectos también fueron bajos en todas las tecnologías (entre el 1.1% y el 1.8%) y no hubo diferencias significativas entre ellas ($P=0.488$). Sin embargo, en 2021, los daños por insectos sí variaron significativamente entre tratamientos ($P<0.001$). En ambas variedades de frijol, el mayor daño por insectos fue con costales



de polipropileno: el 36.2% en frijol pinto Saltillo y el 7.8% en frijol rayado rojo. Los menores daños se observaron con el uso de la cal micronizada (4 g/kg de grano) y la bolsa plástica hermética con zíper (véase Figura 2). En general, el daño de granos por insectos fue bajo (del 1.4% al 3.7%) y la tendencia fue similar entre tratamientos, excepto en el caso del frijol pinto Saltillo en costal de polipropileno en 2021.

Las condiciones agroecológicas de Valles Altos favorecen un menor daño por insectos (Odjo et al., 2020). No obstante, en años con mayor presión de plagas, como en 2021, y con variedades más vulnerable, las tecnologías herméticas y polvos inertes logran conservar mejor los granos en comparación con las tecnologías convencionales. Esto asegura la disponibilidad de granos tanto para el autoconsumo como para el excedente destinado a la venta.

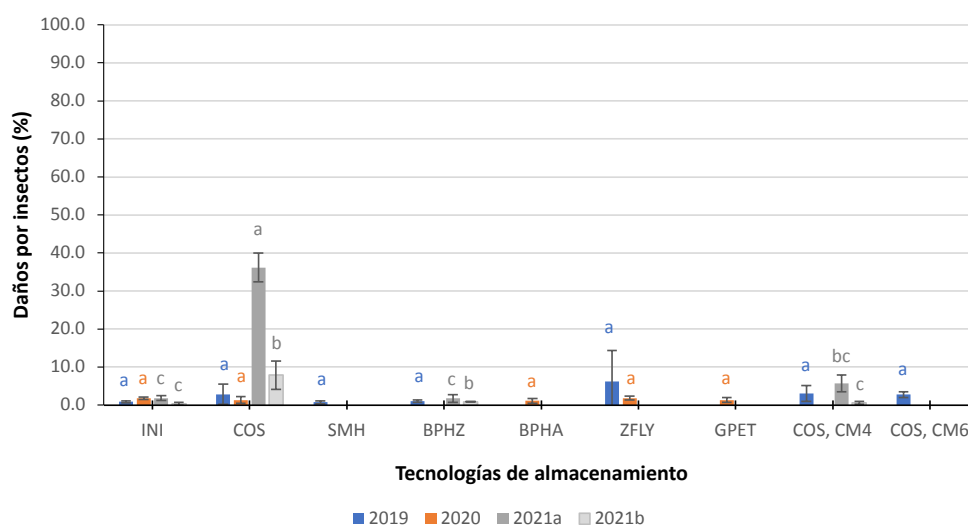


Figura 2. Daños por insectos durante seis meses de almacenamiento en los años 2019, 2020 y 2021a (frijol pinto Saltillo)-2021b (frijol rayado rojo) en la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

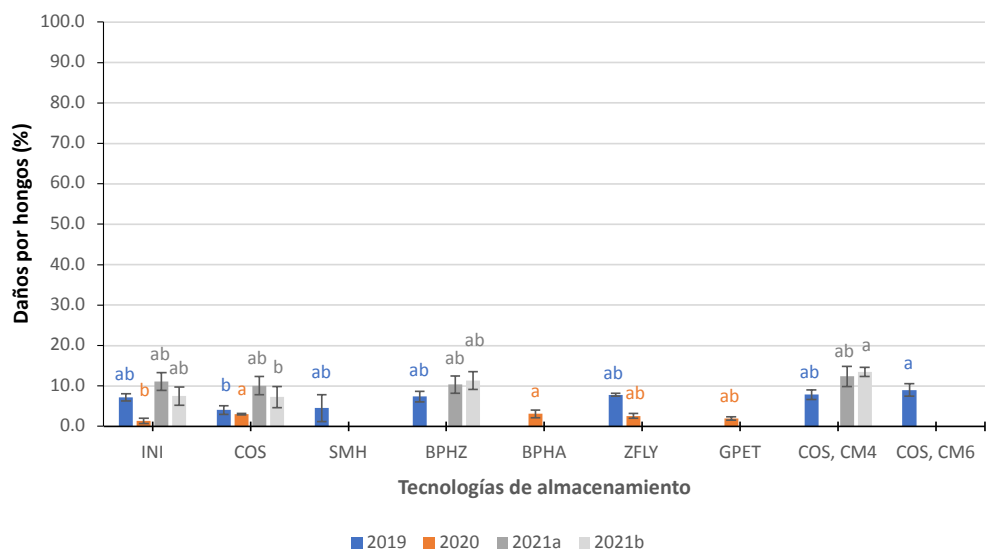
3.2 Daños por hongos

En la plataforma poscosecha Texcoco, Estado de México, en 2019, el daño por hongos fue menor con el costal de polipropileno (el 4.0%) y el silo metálico hermético (el 4.5%), mientras que el mayor daño fue con cal micronizada 6 g/kg de grano (el 9.0%) ($P=0.018$). Los daños intermedios y similares a los anteriores fueron observados en la bolsa plástica hermética ziploc (el 7.4%), la bolsa plástica hermética ZeroFly y la cal micronizada con 4 g/kg de grano (el 7.8%).

En 2020, los daños por hongos en general fueron bajos, pero significativamente diferentes entre tratamientos ($P=0.026$) y oscilaron entre el 2.0 y el 3.1%. En 2021, los daños variaron de forma considerable ($P=0.035$), los mayores fueron en la variedad pinto

Saltillo (el 11%) y los menores en la variedad rayado rojo (el 9.9%). En ambas variedades, el mayor daño por hongos se observó con la cal micronizada 4 g/kg de grano: pinto Saltillo el 12.3% y rayado rojo el 13.5%. El menor daño se registró en los costales de polipropileno: pinto Saltillo con el 10.1% y el rayado rojo con el 7.3%. La bolsa plástica hermética con zíper mostró un daño intermedio: pinto Saltillo con el 10.3% y rayado rojo con el 11.3% (véase Figura 3).

En Valles Altos, con un manejo adecuado de los granos antes del almacenamiento, la tecnología convencional (costal de polipropileno) puede ser eficaz para conservar los granos de frijol, de forma similar al maíz, con niveles bajos de daños por hongos (Odjo et al., 2020).



■ **Figura 3.** Daños por hongos después de seis meses de almacenamiento en los años 2019, 2020 y 2021a (frijol pinto Saltillo)- 2021b (frijol rayado rojo) en la plataforma de poscosecha Texcoco I, Estado de México. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México, tuvo como objetivo evaluar diferentes alternativas de almacenamiento de granos de frijol para

minimizar las pérdidas poscosecha en condiciones de Valles Altos, y mejorar así la disponibilidad de alimentos y la calidad del producto para su venta.

■ **Tabla 2.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenaje de frijol en la plataforma poscosecha de Texcoco, Estado de México.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	Entre el 1.3% y el 36.2% de daños por insectos y entre el 3.0% y el 10.1% de daños por hongos. No es efectiva y no se recomienda su uso para los pequeños agricultores
Silo metálico hermético	El 0.7% de daños por insectos y el 4.5% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética con zíper (GrainPro)	Entre el 0.9% y el 1.8% de daños por insectos y entre el 7.4% y el 11.3% de daños por hongos. Efectiva y se recomienda su uso para pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética de amarre (GrainPro)	El 1.1% de daños por insectos y el 3.1% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética ZeroFly (Vestergaard) (con un costal de polipropileno impregnado de un insecticida, la deltametrina)	Entre el 1.8% y el 6.1% de daños por insectos, el 2.6% y el 7.8% de daños por hongos. Efectiva y se recomienda su uso para pequeños agricultores.



Garrafón de PET	El 1.3% de daños por insectos y el 2.0% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg de grano)	El 0.6% de daños por insectos y el 5.7% de daños por hongos. Muy efectiva y se recomienda su uso para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (6 g/kg de grano)	El 2.7% de daños por insectos y el 9.0% de daños por hongos. Efectiva y no se recomienda su uso para los pequeños agricultores, porque incrementó los costos de almacenamiento; además, se puede usar en una dosis de 4 g/kg de grano.

5. Referencias

- Acosta-Gallegos, J.A., Anaya-López J.L., Uresti-Gil, J., Chiquito-Almanza, E., Guerrero-Aguilar, B. Z y Jiménez-Hernández, Y. (2021). Mejoramiento genético del frijol en la región de El Bajío de México. In Ayala-Garay, A.V., Acosta-Gallegos, J.A., Reyes-Muro, L. (Ed.), *El cultivo del frijol presente y futuro para México* (1ª ed., pp. 83-97). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Celaya Gto. México.
- López-Báez, L.I. (2018). El cultivo de frijol ayocote en el centro-oriente de Puebla: diversidad, manejo y características de las unidades de producción. [Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3253/Lopez_Baez_LI_MC_EDAR_%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Regnault-Roger, C. y Hamraoui, A. (1995). Fumigant Toxic Activity and Reproductive Inhibition Induced By Monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a Bruchid of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 291–299
- Schoonhoven, A.VAN y Cardona, C. (1980). Insects and other bean pest in Latin America . In: Schwartz, Howard F., Gálvez E. y Guillermo E. (eds.). *Bean production problems: Disease, insect soil and climatic constraints of Phaseolus vulgaris* . Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 363-412



Evaluación de alternativas de almacenamiento en Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo

Colaboradores	Raúl Valentín Islas y Sara Cano Velasco
Instituciones	Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense
Hub	Valles Altos Maíz
Municipio, Estado	Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo
Clima	Templado (Cfb)
Altitud	2070 msnm
Temperatura media anual	15.8 °C
Temperatura mínima mensual	7.4 °C (enero)
Temperatura máxima mensual	24.7 °C (abril, mayo)
Humedad relativa mínima mensual	el 71 % (marzo, abril)
Humedad relativa máxima mensual	el 87 % (septiembre)
Precipitación anual	1498 mm
Años de evaluación	2016-2018

1. Introducción

La plataforma poscosecha de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, se ubicó en la Sierra Madre Oriental, donde la agricultura representa aproximadamente una cuarta parte del uso del suelo. La producción agrícola se lleva a cabo bajo condiciones de temporal y en pendientes mayores al 10%, y utiliza métodos manuales y tracción animal. Se siembran variedades nativas de maíz, frijol, calabaza, chile, tomate, jitomate, cacahuete, arvejón, y algunos cultivos perennes como el café.

El maíz es el principal cultivo de autoconsumo y se utiliza también para alimentar a los animales. Además de los bajos rendimientos, los agricultores se enfrentan a pérdidas poscosecha, que pueden ser del 20% al 40%. Los granos se almacenan a granel en trojes tradicionales y costales de polipropileno. Para el control de insectos, algunos agricultores recurren al uso de techos de plástico o

metálicos, así como a la pastilla de fosfuro de aluminio o insecticidas como el malatión, mezclado directamente con los granos.

Con el fin de generar recomendaciones para un adecuado almacenamiento de granos, se implementó la plataforma poscosecha durante tres ciclos, donde se evaluaron tres tipos de tecnologías:

1. Convencional: prácticas comúnmente utilizadas en la región.
2. Herméticas: contenedores que no permiten el intercambio de aire, humedad, temperatura u olores. Con la respiración del grano, se modifica la atmósfera para reducir el oxígeno, incrementar el CO₂ y eliminar los insectos por asfixia.
3. Polvos inertes: mezclado con los granos, tienen un efecto abrasivo y desecante sobre los insectos.



2. Materiales y métodos

La plataforma poscosecha de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, se estableció en la Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense (UTSH). El grano utilizado fue maíz nativo amarillo en 2016 y 2018, y blanco nativo en 2017. La siembra se realizó durante la primera semana de junio, y se cosechó entre mediados de diciembre e inicios de enero, de forma manual. Tras la cosecha, se retiró el totomoxtle (brácteas) de las mazorcas y se almacenaron en costales de polipropileno. El secado de los granos se llevó a cabo a la intemperie durante tres semanas sobre un piso de concreto.

El desgrane manual se realizó entre el 2 y el 20 de febrero, y se separó todo el grano dañado por hongos e insectos. El maíz almacenado presentó una humedad del 14% en 2016, del 13.7% en 2017 y del 10% en 2018. La temperatura promedio fue de 19.5°C el día de la instalación de la plataforma.

Cada tratamiento incluyó tres repeticiones, descritas en la Tabla 1. Los recipientes se colocaron en un tejaban con techo de lámina y piso de cemento, pero sin paredes. Los ciclos de la plataforma se desarrollaron de la siguiente manera:

- Primer ciclo: del 02 de agosto de 2016 al 02 de febrero de 2017.
- Segundo ciclo: del 14 de mayo al 15 de noviembre de 2017.
- Tercer ciclo: del 16 de marzo al 15 de septiembre de 2018.

Durante cada ciclo, se hicieron visitas de seguimiento mensuales para monitorear el estado de los recipientes evaluados (véase Figura 1). Se recolectaron muestras tanto al inicio como al final de cada ciclo para evaluar el nivel de daños en los granos, medido en términos de deterioro físico como agujeros, grietas y decoloración.

■ **Tabla 1.** Tecnologías de almacenamiento evaluadas en la plataforma poscosecha de Zacualtipán de los Ángeles, Hidalgo, de 2016 a 2018.

Tipo de tecnología	Abreviación	Tecnología de almacenamiento	Acondicionamiento del grano	Tiempo (meses) en los años de evaluación		
				2016	2017	2018
Tecnologías convencionales	COS	Costal de polipropileno	Ninguno	-	-	6
	CUB, PAS	Cubeta de plástico	Fosforo de aluminio (1 pastilla/13.0 kg de grano)	6	6	6
	CUB	Cubeta	Ninguno	6	6	-
Tecnologías herméticas	SMH	Silo metálico hermético	Ninguno	6	6	6
	BPHZ	Bolsa plástica hermética con zíper	Ninguno	-	-	6
	BPHA	Bolsa plástica hermética, amarre	Ninguno	6	6	-
Polvos inertes	COS, CM4	Costal de polipropileno	Cal micronizada (4 g/kg de grano)	6	-	-
	CUB, CZ4	Cubeta	Ceniza (4 g/kg de grano)	-	6	-
	COS, TD4	Costal de polipropileno	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	6	-	-
	CUB, TD	Cubeta	Tierra de diatomeas (4 g/kg de grano)	-	6	-



■ **Figura 1.** Revisión de tratamientos y limpieza el 27 de abril de 2018 (izquierda). Costal de polipropileno con daños por aves en el seguimiento mensual del 14 de junio de 2018 (derecha) en la plataforma poscosecha de Zacualtipán de los Ángeles, Hidalgo

3. Resultados

En los tres años de evaluación durante el periodo de almacenamiento, los principales daños fueron por hongos e insectos.

3.1. Daños por insectos

Las tecnologías evaluadas en los tres años mostraron diferentes niveles de daños por insectos ($P=0.005$, <0.001 y 0.028 para 2016, 2017 y 2018 respectivamente). En general, los daños por insectos fueron mayores en las tecnologías convencionales que no aplicaron ningún tipo de tratamiento a los granos (el 37.5%) (véase Figura 2), lo que refleja las grandes pérdidas durante el almacenamiento de granos básicos, en los sistemas comúnmente usados por los agricultores del país (González-Regalado et al., 2017; Odjo et al. 2020

El menor daño se observó con el uso de pastillas de fosforo de aluminio (el 3.8%). Las tecnologías herméticas tuvieron daños intermedios, con el 8.9% en silo metálico hermético y el 5.6% en la bolsa

plástica hermética de amarre. Los polvos inertes no resultaron muy eficientes para controlar los daños por insecto (el 18%), lo cual podría explicarse por los altos valores de humedad relativa durante el periodo de almacenamiento (del 70% al 90%). Esta humedad podría disminuir la eficacia de los polvos inertes, ya que es posible que la muerte de los insectos tratados disminuya con el aumento de la humedad relativa, debido a la reducción de la transpiración a través de la cutícula, lo que retardaría la desecación del insecto (Mewis y Ulrichs, 2001).

En 2016, los menores daños por insectos se registraron con el control químico y un tipo de tecnología hermética— pastilla de fosforo de aluminio (el 2.3%) y bolsa plástica hermética de amarre (el 3%)—, mientras que el mayor daño fue con la cubeta sin ningún tratamiento aplicado al grano (el 25%). Los polvos inertes y el silo metálico hermético tuvieron niveles de daños por insecto intermedios, pero similares a los del fosforo de aluminio y la bolsa plástica hermética de amarre.



En 2017, el menor daño por insecto también se registró con el control químico y un tipo de tecnología hermética— pastilla de fosforo de aluminio (el 7%) y bolsa plástica hermética de amarre (el 8%)—, mientras que el mayor daño se observó con la cubeta sin ningún tratamiento aplicado al grano (el 50.1%). Los polvos inertes también presentaron altos niveles de daños por insecto —ceniza (el 26%), tierra de diatomeas (el 20.5%). En este año, los niveles iniciales de daños por insecto fueron altos (el 6.6%), lo que pudo influir en la vulnerabilidad del grano. El silo metálico hermético tuvo niveles

de daños similares a los de la bolsa plástica hermética de amarre y al control químico, así como a los niveles de daño inicial (véase Figura 1).

En 2018, el menor daño por insecto fue con el control químico y las tecnologías herméticas —pastilla de fosforo de aluminio (el 2.1%), bolsa plástica hermética zíper (el 3.5%) y silo metálico hermético (el 2.7%)—, mientras que el mayor daño se registró con el costal de polipropileno con grano sin ningún tipo de tratamiento (el 11.4%).

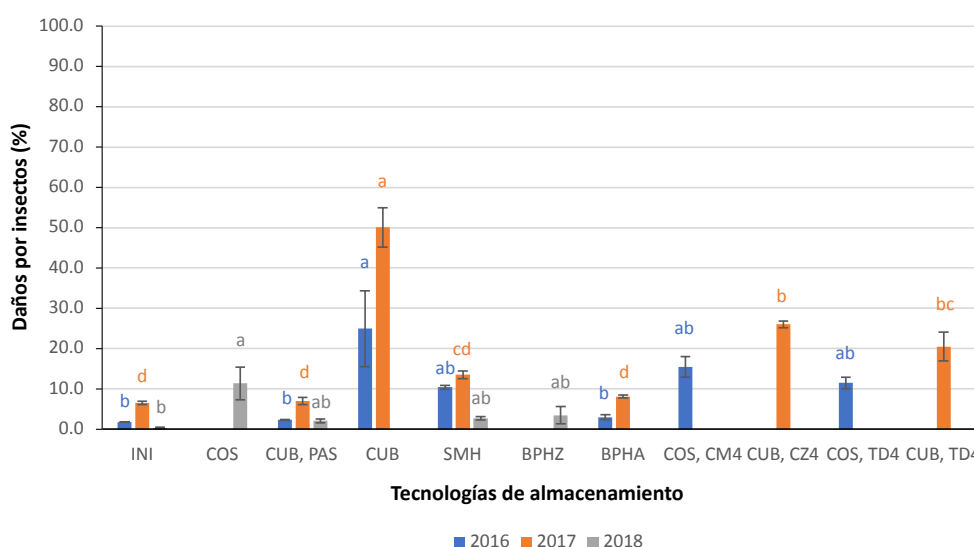


Figura 2. Daños por insectos evaluados durante los años 2016, 2017 y 2018 en la plataforma poscosecha de Zacualtípán de los Ángeles, Hidalgo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por insectos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

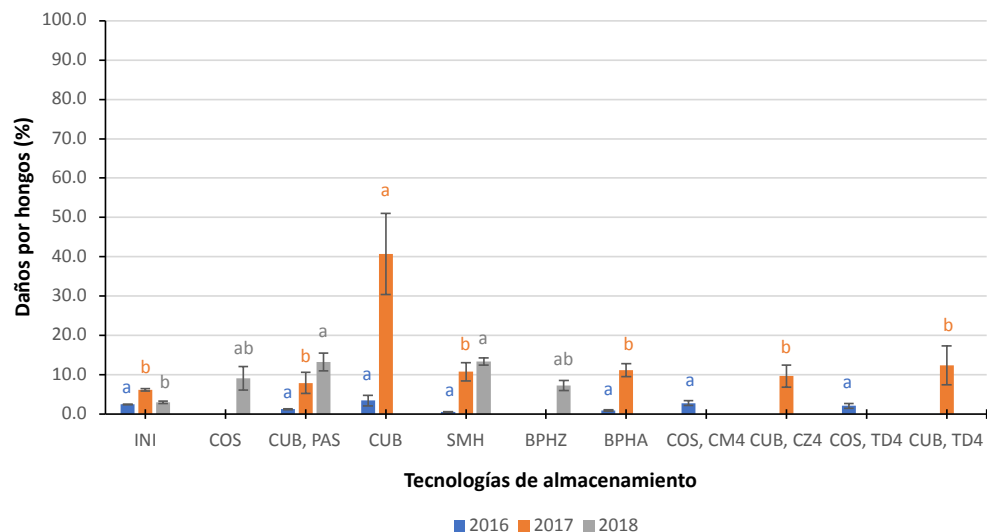
3.2 Daños por hongos

Los daños por hongos fueron similares entre los recipientes evaluados en 2016 ($P < 0.05$) y diferentes en los evaluados en 2017 ($P = 0.002$) y 2018 ($P = 0.012$). Los daños por hongos fueron altos en 2017 y 2018 (el 9% y el 13% respectivamente), mientras que en 2016 fueron menores (el 1%) —promedio de tratamientos que se repitieron cada año—. Cabe señalar que los daños iniciales por hongos fueron, en promedio, del 4% (véase Figura 3).

En 2016, la semejanza en los niveles de daños por hongos se debe probablemente a una menor incidencia, que no permitió la expresión del efecto de los tratamientos en el control de estos daños. Sin embargo, en 2017, año de mayor incidencia, los menores daños por hongos se observaron con

las tecnologías que usaron pastilla de fosforo de aluminio, polvos inertes y tecnologías herméticas (el 8% con pastilla de fosforo de aluminio, el 10% con cubeta con ceniza, el 11% con silo metálico hermético y el 11% con bolsa plástica hermética). El mayor daño fue con la cubeta de plástico (el 40.7%) (véase Figura 2). Las demás tecnologías mostraron mayor efectividad, con niveles de daños similares a los iniciales.

En 2018, la bolsa plástica hermética con zíper (el 7%), el silo metálico hermético (el 13%), la pastilla de fosforo de aluminio (el 13%) y el costal de polipropileno sin ningún tratamiento (el 9%) presentaron niveles de daños similares (véase Figura 3).



■ **Figura 3.** Daños por hongos evaluados durante los años 2016, 2017 y 2018 en la plataforma poscosecha de Zacualtípán de los Ángeles, Hidalgo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos del mismo año según la prueba de Tukey ($P < 0.05$). INI: daños por hongos iniciales. Para abreviaciones de tratamientos, ver Tabla 1.

4. Conclusión

La plataforma poscosecha de Zacualtípán de los Ángeles, Hidalgo, buscó evaluar diferentes alternativas de almacenamiento para maíces nativos

usados por los pequeños agricultores, como una opción alternativa al uso de manejo químico tradicional.

■ **Tabla 1.** Resumen de resultados y recomendaciones sobre tecnologías de almacenamiento después de seis meses de almacenamiento en la plataforma poscosecha de Zacualtípán de los Ángeles, Hidalgo.

Propuesta/tecnología	Resultado
Costal de polipropileno	El 11.4% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de los daños iniciales. No es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Cubeta de plástico con fosforo de aluminio (1 pastilla/13.0 kg de grano)	Con un rango del 2.1% al 7% de daños por insectos y daños por hongos que dependieron de los niveles iniciales, es efectiva. Sin embargo, no se recomienda para los pequeños agricultores, por representar un riesgo para su salud.
Cubeta de plástico	Con un rango del 50% al 25% de daños por insectos y el 41% de daños por hongos, no es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Silo metálico hermético	Con un rango del 2.7% al 10% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de las condiciones iniciales, es efectiva y se recomienda para los pequeños agricultores.



Bolsa plástica hermética con zíper	Con el 3.5% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de daños iniciales, es muy efectiva y se recomienda para los pequeños agricultores.
Bolsa plástica hermética de amarre	Con un rango del 3.8% al 8.1% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de daños iniciales, es muy efectiva y se recomienda para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con cal micronizada (4 g/kg)	El 15% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de daños iniciales. No es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Cubeta de plástico con ceniza (4.5 g/kg)	El 26% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de daños iniciales. No es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Costal de polipropileno con tierra de diatomeas (4.5 g/kg)	El 11.5% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de las condiciones iniciales. No es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.
Cubeta de plástico con tierra de diatomeas (4.5 g/kg)	El 20.5% de daños por insectos y los daños por hongos dependieron de daños iniciales. No es efectiva y no se recomienda para los pequeños agricultores.

5. Referencias

- González Regalado, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2017). El sistema poscosecha en México: diagnostico mediante encuestas a pequeños productores. *EnIACe: La Revista de La Agricultura de Conservación*, 40, 42–48.
- Mewis, I. y Ulrichs, C. (2001). Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*, 37(2), 153–164. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>



Conclusión



Implementación de las plataformas poscosecha en México: lecciones aprendidas y perspectivas

1. Introducción

Las pérdidas poscosecha son unas de las principales causas de la baja productividad en la agricultura a pequeña escala. Estudios en México han demostrado que estas pérdidas pueden alcanzar hasta el 60% de los granos solo durante el almacenamiento, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de los pequeños productores (Odjo *et al.*, 2020). Las causas de estas pérdidas son diversas, incluso malas prácticas en la cosecha, secado, desgrane, limpieza, almacenamiento, y falta de acceso a tecnologías adecuadas (García-Lara y Bergvinson, 2007)

Durante la década de 2010, el CIMMYT implementó en México el programa MasAgro, en colaboración con el Gobierno Federal, instituciones de investigación nacionales, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales, para promover una agricultura sustentable y co-diseñar soluciones

adaptadas al contexto local. A través de los hubs del programa, se desarrollaron recomendaciones para minimizar las pérdidas de granos en respuesta a las demandas de los agricultores (Camacho-Villa *et al.*, 2016).

Entre 2017 y 2022, se implementaron plataformas poscosecha en 19 comunidades de 9 estados para evaluar diferentes tecnologías de almacenamiento. Estas plataformas generaron datos y recomendaciones sobre la efectividad de estas tecnologías en diferentes contextos agroecológicos, aunque también surgieron preguntas de investigación que quedaron sin una respuesta clara. En este capítulo final, se revisan las lecciones aprendidas y los temas de investigación que se deben abordar en el futuro para minimizar las pérdidas de granos en México y Centroamérica.

2. Efectividad de las tecnologías de almacenamiento para minimizar las pérdidas granos

2.1. Tecnologías herméticas y alternativas herméticas

En las plataformas poscosecha se evaluaron diferentes tecnologías con base en el principio de hermeticidad, tales como el silo metálico hermético y las bolsas plásticas herméticas. Los silos se diseñaron conforme a la norma mexicana de fabricación de silos metálicos herméticos (Odjo *et al.*, 2023). Además, se evaluaron bolsas plásticas herméticas de diferentes marcas (GrainPro, Ecotact, PICS, Vestergaard) y diseño (de amarre, de zíper, con doble líneas o impregnadas de insecticida). En todos los casos, las tecnologías herméticas demostraron ser eficaces para mantener la cantidad y calidad de los granos almacenados, sin importar las condiciones climáticas. El estado de hipoxia creado

por las tecnologías herméticas evita el desarrollo de hongos y provoca la muerte de los insectos por desecación (Murdock *et al.*, 2012).

No hubo diferencias significativas entre las tecnologías herméticas, por lo que cualquiera de ellas podría usarse indistintamente. Sin embargo, es importante verificar la hermeticidad antes del almacenamiento y seguir la regla de oro del almacenamiento (almacenar granos sanos, secos, limpios y frescos) para minimizar las mermas. Por ejemplo, las bolsas plásticas herméticas pueden ser perforados por insectos como el barrenador del grano o los gorgojos del frijol si se almacenan granos previamente infestados.



Respecto a las tecnologías herméticas alternativas, como las botellas o garrafones de PET reciclados, tambos plásticos y bolsas plásticas estándar de calibre 500 o bolsas de ensilaje, se logró un control adecuado de plagas bajo ciertas condiciones. Estas alternativas de bajo costo pueden ser usadas cuando no se cuenta con tecnologías herméticas. Sin embargo, estas son más susceptibles a las plagas, por lo que es fundamental seguir la regla de oro en su uso.

El impacto de las tecnologías herméticas y las alternativas herméticas sobre la calidad del grano y las semillas de maíz también fue evaluado. Los resultados indicaron que las tecnologías herméticas fueron efectivas en minimizar la disminución de la calidad del grano (índice de flotación, acidez de la grasa, color) y de la semilla (porcentaje de germinación y de plántulas normales) durante el almacenamiento. La eliminación del oxígeno reduce los procesos bioquímicos internos del grano y de la semilla, lo que preservará su calidad (Odjo et al., 2022). No obstante, no se ha evaluado el efecto sobre la calidad del grano y la semilla de frijol u otras leguminosas, lo que plantea una oportunidad de investigación futura.

2.2. Polvos inertes y polvos vegetales

En las plataformas poscosecha también se evaluaron varios polvos inertes con diferentes dosis: cal estándar, cal micronizada y tierras de diatomeas. Los resultados fueron contrastantes. La cal micronizada y las tierras de diatomeas resultaron más efectivas para reducir las pérdidas de granos en comparación con la cal estándar, ya que la dosis de 4 g/kg de granos fue generalmente la más efectiva. Los polvos inertes, debido a sus pequeñas partículas, causan un efecto abrasivo sobre los insectos y su muerte por desecación (Korunić et al., 2016). Sin embargo, en algunas plataformas, particularmente en zonas bajas, se registró un alto porcentaje de pérdidas con el uso de polvos inertes. La efectividad de los polvos inertes depende de la temperatura, la humedad relativa y el tiempo de almacenamiento

(Odjo et al., 2020). Además, estos polvos tienen un impacto negativo en la calidad de las semillas, por lo que no se recomienda su uso para la conservación de semillas.

Dado que la cal es un ingrediente que se utiliza en el proceso de nixtamalización en México y Centroamérica, se recomienda su uso, así como el de las tierras de diatomeas, solo en los valles altos, cuando no se dispone de tecnologías herméticas, el tiempo de almacenamiento es corto (menos de 3 meses) y los granos se usarán para la nixtamalización. Se requiere más investigación sobre el impacto de los polvos inertes en el rendimiento del proceso de nixtamalización y la calidad de las tortillas.

Al seguir la solicitud de los productores y colaboradores, se evaluaron diferentes polvos vegetales obtenidos del epazote (*Dysphania ambrosioides*) y de la hierba santa (*Piper auritum*). Estas prácticas no fueron muy efectivas para reducir las pérdidas de granos durante el almacenamiento. El efecto insecticida de estas plantas está relacionado con su contenido de aceites esenciales, que se ha demostrado que los extractos de estas plantas pueden controlar plagas poscosecha (Pavela et al., 2018). Sin embargo, las hojas secas molidas no son tan efectivas como los extractos de aceites esenciales, que son difíciles de obtener en las condiciones de los pequeños productores. Además, los aceites esenciales son volátiles, por lo que la eficacia de los polvos vegetales contra los insectos también puede disminuir con el tiempo (Tapondjou et al., 2002). Por lo tanto, no se recomienda el uso de estas plantas para el almacenamiento a largo plazo.

Sin embargo, estas plantas podrían ser útiles para el control de las plagas poscosecha en campo, durante el secado de los granos. Podrían emplearse de forma intercalada o en los bordes de los campos para aprovechar sus aceites esenciales y evitar una infestación grave durante el secado. Se requiere más investigación para evaluar la efectividad de esta práctica.



3. Las plataformas poscosecha como base para el extensionismo y vinculación con actores locales

Las plataformas poscosecha son parte de la infraestructura física de los hubs y sirven para generar recomendaciones que luego pueden aplicarse en la implementación de módulos y áreas de extensión poscosecha. Además de investigar y proponer para la conservación de granos, las plataformas también promueven diversas actividades que facilitan el acceso a la información, el intercambio de experiencias y el uso de las tecnologías por parte de pequeños agricultores, técnicos, estudiantes y representantes de gobierno local. Estas actividades buscan sensibilizar sobre la importancia de buenas prácticas poscosecha y del manejo adecuado de las tecnologías evaluadas, con el fin de mejorar la calidad de vida de las familias de la región.

La capacitación a técnicos se enfoca en desarrollar sus capacidades y habilidades para implementar y difundir prácticas y tecnologías poscosecha sustentables en sus regiones. Durante uno a tres días de capacitación, los técnicos se formaron en los siguientes temas:

- Manejo integrado de las plagas poscosecha en campo y almacén.

- Prácticas y tecnologías poscosecha sustentables adaptadas a agricultores de autoconsumo y potencial productivo de la zona.
- Fabricación y uso adecuado de tecnología poscosecha.
- Conservación de la calidad del grano.

En la plataforma de Zacualtipán, durante el periodo de evaluación, el CIMMYT capacitó a profesores de la carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense, con el objetivo de desarrollar un punto de entrenamiento de estudiantes que pudieran fabricar silos metálicos herméticos conforme a los lineamientos de fabricación de la norma NMX-FF-123-SCFI-2015 (Odjo *et al.*, 2023). El propósito fue fabricar silos metálicos herméticos que cumpliera con las exigencias de calidad en el mercado y proveerlos en el estado de Hidalgo, donde escasean herreros capacitados para su fabricación. También, en esta plataforma se sensibilizó a los estudiantes sobre el uso de tecnologías herméticas como alternativas para el almacenamiento de granos en los sistemas de producción de sus localidades de origen.



■ **Figura 1.** Estudiantes de la Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense presentan el proyecto de fabricación de silo metálico hermético en el Simposio Nacional Plataformas en Batán Texcoco, Estado de México, el 24 de agosto de 2017.



4. Conclusión y temas de investigación para el futuro

La implementación de las plataformas poscosecha en México entre 2017 y 2022 permitió generar datos sobre tecnologías de almacenamiento adaptadas a contextos locales. En general, se demostró que las tecnologías herméticas son una opción efectiva para evitar el desperdicio de granos, sin importar las condiciones climáticas, y así evitar el uso de productos químicos.

Los datos generados formarán parte de los menús tecnológicos de los hubs y serán integrados en sus estrategias de gestión del conocimiento. Estos datos serán importantes para la toma de decisiones respecto a las opciones de almacenamiento disponibles y para fomentar una innovación inclusiva a nivel local (Gardeazabal *et al.*, 2023). Asimismo, los datos podrán usarse para proporcionar recomendaciones específicas y oportunas a los y las agricultores de todo México, para complementar el trabajo de los agentes de extensión a través de plataformas digitales (Laso Bayas *et al.*, 2020).

Las plataformas poscosecha también mostraron que hay temas que merecen más investigación, como:

- La implementación de una estrategia integral para minimizar la contaminación por hongos en campo y antes del almacenamiento.
- El desarrollo de tecnologías para el secado, el desgrane y la limpieza.
- El control integrado de los roedores.
- El efecto de la variedad sobre la efectividad de las tecnologías de almacenamiento.
- El impacto de las tecnologías de almacenamiento sobre la calidad del grano, calidad de la semilla y el procesamiento, particularmente de los frijoles y otras leguminosas.

Mediante la infraestructura poscosecha de los hubs, más de 50 000 agricultores en México han sido beneficiados, al implementar al menos unas de las tecnologías poscosecha validadas. Sin embargo, el escalamiento de estas tecnologías sigue siendo un reto importante para llegar a más agricultores. Para lograrlo, será necesario desarrollar una estrategia que vaya más allá de las tecnologías en sí mismas. Esta estrategia deberá incluir factores como modelos de negocio, financiamiento y la integración de las tecnologías a la cadena de valor de los productos agrícolas, y facilitar así su acceso a los agricultores (Odjo y Ostermann, 2023).



5. Referencias

- Camacho-Villa, T. C., Almekinders, C., Hellin, J., Martínez-Cruz, T. E., Rendon-Medel, R., Guevara-Hernández, F., Beuchelt, T. D. y Govaerts, B. (2016). The evolution of the MasAgro hubs: responsiveness and serendipity as drivers of agricultural innovation in a dynamic and heterogeneous context. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(5), 455–470. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2016.1227091>
- García-Lara, S. y Bergvinson, D. J. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica En México*, 33, 181–189.
- Gardeazabal, A., Lunt, T., Jahn, M. M., Verhulst, N., Hellin, J. y Govaerts, B. (2023). Knowledge management for innovation in agri-food systems: a conceptual framework ABSTRACT. *Knowledge Management Research & Practice*, 21, 303–315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14778238.2021.1884010>
- Korunić, Z. K., Rozman, V., Liška, A., & Lucić, P. (2016). A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. *Poljoprivreda*, 22(1), 10–18. <https://doi.org/10.18047/poljo.22.1.2>
- Laso Bayas, C. J., Gardeazabal, A., Karner, M., Folberth, C., Vargas, L., Skalsk, R., Balkovic, J., Subash, A., Saad, M., Delerce, S., Crespo Cuaresma, J., Hlouskova, J., Molina-Maturano, J., See, L., Fritz, S., Obersteiner, M. y Govaerts, B. (2020). AgroTutor: A Mobile Phone Application Supporting Sustainable Agricultural Intensification. *Sustainability*, 13(9309), 1–10.
- Murdock, L. L., Margam, V., Baoua, I., Balfe, S. y Shade, R. E. (2012). Death by desiccation: Effects of hermetic storage on cowpea bruchids. *Journal of Stored Products Research*, 49, 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.01.002>
- Odjo, S., Burgueño, J., Rivers, A. y Verhulst, N. (2020). Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>
- Odjo, S., González Regalado, J., Ruíz Albarrán, V. H., Van Loon, J. y Verhulst, N. (2023). *Promotion in Mexico of the hermetic metal silo to minimize stored grain losses*. <https://zenodo.org/records/10204432>
- Odjo, S. y Ostermann, H. (2023). Why we need to go beyond technology. *Rural 21: The International Journal for Rural Development*, 57(4), 12–13.
- Odjo, S., Palacios-Rojas, N., Burgueño, J., Corrado, M., Ortner, T. y Verhulst, N. (2022). Hermetic storage technologies preserve maize seed quality and minimize grain quality loss in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 96(April 2021), 101954. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101954>
- Pavela, R., Maggi, F., Lupidi, G., Mbuntcha, H., Woguem, V., Womeni, H. M., Barboni, L., Tapondjou, L. A. y Benelli, G. (2018). *Clausena anisata* and *Dysphania ambrosioides* essential oils: from ethno-medicine to modern uses as effective insecticides. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10493–10503. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0267-9>
- Tapondjou, L. A., Adler, C., Bouda, H. y Fontem, D. A. (2002). Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38(4), 395–402. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00044-3)