

Alternative technologies and practices for the conservation of corn: result of post-harvest module management

Noemí del Carmen Obregón

Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda,
Nicaragua, Nicaragua
noheobregon21@gmail.com

Oscar José Gómez Gutiérrez

]Investigador independiente, Nicaragua, Nicaragua
oscar.gomez@ci.una.edu.ni

Jorge Ulises Blandón Díaz

Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, Nicaragua
ulisesdb@ci.una.edu.ni

Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo

vol. 13, núm. 2, p. 109 - 124, 2023

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

ISSN-E: 2413-1911

Periodicidad: Anual

revistaelhigo@uni.edu.ni

Recepción: 03 octubre 2023

Aprobación: 25 noviembre 2023

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/230/2304895001/>

Resumen: La poscosecha en maíz se ve amenazada por plagas que provocan pérdida en cantidad y calidad del producto. A esta situación se le deben buscar soluciones mediante investigaciones estratégicas que involucre a los actores locales. El propósito de la investigación se centra en la instalación y manejo de módulo poscosecha como estrategia de evaluar tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación de maíz (*Zea mays*), para productores de pequeña escala de los Bancos Comunitarios de Semilla, en la reducción de pérdidas poscosecha. Se instalaron y evaluaron tres módulos poscosecha en tres municipios del departamento de Estelí, Nicaragua, durante el periodo 2019-2020. Asimismo, se analizaron el tipo de contenedor, producto para proteger el grano almacenado y la ubicación de los bancos comunitarios de semilla y durante el almacenamiento del grano, se evaluó la humedad y temperatura del grano, número de gorgojos del maíz vivos y muertos, porcentaje de germinación, peso en gramos, índice de flotación y la dureza del grano. Los resultados de la evaluación del módulo destacan que las tecnologías de almacenamiento (con alternativas de conservación), mostraron una disminución promedio del 28% de la capacidad de germinación en el municipio de San Juan de Limay ubicada a 400 msnm. Al respecto, la tecnología de almacenamiento con el tratamiento testigo (Sin alternativa de conservación) mostró los valores más bajos en peso de 100 granos e índice de flotación. La dureza del grano en las tecnologías y prácticas de conservación mostraron en el maíz una dureza intermedia, que es importante en la calidad industrial y de cocción del maíz. Las tecnologías herméticas y alternativas de conservación son una buena opción para prevenir y reducir pérdidas, considerando las condiciones climáticas, selección adecuada de las mismas y las características del grano, con fines de contribuir al desarrollo de estrategias más eficientes y sostenibles en la preservación del grano y la seguridad alimentaria.

Palabras clave: módulo poscosecha, tecnologías de almacenamiento, conservación, calidad del grano.

Abstract: The postharvest in corn is threatened by pests that cause loss in quantity and quality of the product. Solutions to this situation must be sought through strategic research that involves local actors. The purpose of the research focuses on the installation and management of a postharvest module as a strategy to evaluate storage technologies and conservation alternatives for corn (*Zea mays*), for small-scale producers of Community Seed Banks, in the reduction of postharvest losses. Three post-harvest modules were installed and evaluated in three municipalities in the department of Estelí, Nicaragua, during the 2019-2020 period. Likewise, the type of container, product to protect the stored grain and the location of the community seed banks were analyzed and during grain storage, the humidity and temperature of the grain, number of live and dead corn weevils, percentage germination, weight in grams, flotation index and grain hardness. The results of the module evaluation highlight that storage technologies (with conservation alternatives) showed an average decrease of 28% in germination capacity in the municipality of San Juan de Limay located at 400 meters above sea level. In this regard, the storage technology with the control treatment (Without conservation alternative) showed the lowest values in weight of 100 grains and flotation index. The hardness of the grain in conservation technologies and practices showed an intermediate hardness in corn, which is important in the industrial and cooking quality of corn. Hermetic and alternative conservation technologies are a good option to prevent and reduce losses, considering climatic conditions, their appropriate selection and the characteristics of the grain, in order to contribute to the development of more efficient and sustainable strategies in grain preservation. and food security.

Keywords: postharvest module, storage technologies, conservation , grain quality.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria en los países que están en desarrollo, se ve amenazada por los impactos generados por el Cambio Climático Global en la agricultura. Basados en estas evidencias, diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para desarrollar nuevos sistemas agrícolas que incrementen la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola en un mundo de clima cambiante (Altieri & Nicholls, 2018). En respuesta, se han implementado estrategias agroecológicas, que buscan la producción sustentable a través de la implementación de tecnologías rentables, eficientes y cuidando los recursos naturales.

Al respecto Gliessman (2002), destaca que “la agroecología provee el conocimiento y metodología necesarios para desarrollar una agricultura que sea, por un lado, ambientalmente adecuado y por otro lado altamente productiva y económicamente viable”. De cara a la adopción de alternativas prácticas y tecnológicas en el manejo poscosecha de granos básicos, es pertinente contar con estrategias de validación, generación y transferencia de conocimientos, que se implementan en los módulos poscosecha.

En el módulo poscosecha se llevan a cabo investigaciones que evalúan tratamientos con el propósito de mejorar las prácticas de manejo poscosecha para conservar la calidad y cantidad de grano durante su almacenamiento. Generalmente en ellos se comparan las prácticas convencionales que realizan los productores, con aquellas con mejores resultados y validadas (Fonteyne y Verhulst, 2018). Los tratamientos están basados en principios agroecológicos que han mostrado tener buenos resultados en Nicaragua y otros países como el caso de México. Por otra parte, responde a las investigaciones estratégicas que se promueven desde el estado y organizaciones locales.

Según Odjo, et al. (2017), señalan que las investigaciones que se llevan a cabo en los módulos poscosecha son ubicados estratégicamente y sirven para validar y difundir las tecnologías que permiten mejorar las prácticas convencionales. Estudios previos documentan los efectos de la tecnología de almacenamiento sobre los factores físicos y calidad de los granos, pero ha habido poco para evaluar el impacto de las prácticas de almacenamiento en la calidad del grano (Affognon et al., 2015; Odjo et al., 2022b; Nkhatan et al., 2021; Taleon et al., 2017).

En este contexto se ubicaron los módulos poscosecha en Bancos Comunitarios de Semilla (BCS), con el propósito de evaluar la efectividad de tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación sobre parámetros de calidad del grano de maíz, mediante la integración del conocimiento local participativo; aplicando para ello el método científico de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

Los módulos poscosecha se realizaron en el período de diciembre del 2019 a mayo del 2020 en las comunidades de El Morcillo, del municipio de San Juan de Limay, Cofradía ubicada en el municipio de Pueblo Nuevo y en Caña Florida-Miraflor del municipio de Estelí. Las comunidades y municipios antes mencionados se localizan en el departamento de Estelí, Nicaragua. Los bancos comunitarios de semillas criollas (BCSC) donde se realizaron los módulos poscosecha que corresponden a: “Esperanza del Futuro”, “Cofradía” y “Renaciendo de Nuevo” ubicados, respectivamente en las comunidades antes mencionadas. En la tabla 1, se brinda información específica de cada banco comunitario de semillas criollas.

Tabla 1. Características de ubicación de los Bancos Comunitarios de Semillas Criollas

Nombre del BCSC	Altura sobre el nivel del mar (m)	Temperatura (°C)	Módulo poscosecha
El Morcillo	400	28	I
Cofradía	653	25	II
Renaciendo de Nuevo	1 110	22	II

Descripción del experimento

El proceso de instalación del módulo poscosecha, inició con una capacitación a los participantes relacionada con el diseño y manejo del mismo. El rubro de estudio fue maíz (*Zea mays*) criollo (Olotillo) color blanco, la procedencia del grano fue de una finca ubicada en la comunidad Santa Cruz del municipio de Estelí, es decir, se utilizó una sola variedad de grano criollo en cada banco comunitario de semilla (BCS). El paso siguiente consistió en la limpieza y secado del grano hasta alcanzar un contenido de humedad del 14.2%, para su almacenamiento; estudios han reportado valores óptimos de conservación de los granos en maíz, es lo que muestran una humedad entre 12 y 14 % (Oyekale et al., 2012; Ferraz et al., 2013; Odjo et al., 2022a; Arthur, et al., 2022). El tamaño de las muestras fue 500 gramos y el seguimiento al grano almacenando de 120 días, siendo relevante la participación de los socios de cada BCS.

En esta investigación se estudiaron los factores siguientes: tipo de contenedor, producto para proteger el grano almacenado y la ubicación de los bancos comunitarios de semilla criolla (experimento trifactorial). En el primer factor se consideraron dos tipos de contenedores: silo metálico y bolsas plásticas introducidas en sacos de polipropileno (ambas tecnologías poseen cierto nivel de hermetismo). En el segundo factor se emplearon dos prácticas de conservación: una a base de polvo de neem (*Azadirachta indica*) a razón de 453 gramos por cada 23 kg de granos y otra que consistió en una mezcla de 400 g de ceniza + 50 g de cal. Estas prácticas fueron propuestas por los agricultores socios de los Bancos Comunitarios de Semilla Criolla. De esta manera al combinar ambos factores se contó con un total de seis tratamientos, cuatro de ellos resultaron de la combinación de cada uno de los dos niveles del primer factor con cada uno de los dos niveles del segundo factor, más dos tratamientos testigo combinado con el primer nivel (tipo de contenedor). En cada tratamiento se utilizaron 23 kg de granos.

Diseño experimental

En la instalación de cada módulo poscosecha se realizó un diseño completo al azar (DCA) con arreglo trifactorial, ubicación de cada banco comunitario de semilla (Estelí, Pueblo Nuevo y San Juan de Limay), el tipo de producto inerte alternativos a base de polvo de neem (*Azadirachta indica*) y Ceniza+cal, dos tipos de contenedores (silo metálico y bolsas plásticas introducidas en sacos de polipropileno) de tres repeticiones y dos testigos en los diferentes tipos de contenedores. El diseño contó con 18 unidades experimentales para cada banco comunitario de semilla.

Las variables de evaluación del grano almacenado, consideró: (1) la humedad y temperatura del grano, utilizando el probador de humedad de grano portátil marca AgraTronix MT-PRO. La variable se determinó al momento de establecer el módulo, así como al momento de tomar las muestras mensuales; (2) número de gorgojos del maíz (*Sitophilus zeamais*) vivos y muertos, se realizó al momento de tomar las muestras mensuales; (3) porcentaje de germinación, se realizó a cada unidad experimental (100 granos), al momento de instalación del módulo y al finalizar la investigación; (4) Peso en gramos, se determinó pesando por duplicado 100 granos seleccionados al azar por muestra (Palacios, 2018; Serna, 2012), (5) índice de

flotación, este parámetro se estimó contando el número de granos flotantes después de agitar suavemente tres veces hacia la derecha y tres veces hacia la izquierda de 100 granos en solución de azúcar refinada con agua purificada, y (6) la dureza del grano (100 granos), a través del índice de flotación, clasificándose: 0 – 12 (Dureza muy dura), 13 – 37 (Dura), 38 – 62 (Intermedia), 63 – 87 (Suave) y 88 – 100 (Muy suave), estas variables se analizaron al finalizar la investigación, tomando como referente el protocolo del laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz “Evangelina Villegas” CIMMYT (Palacios, 2018).

La determinación y análisis de las variables se llevó a cabo en la ubicación de cada Banco Comunitario de Semilla, con la participación de los agricultores, con fines de apropiación, generación de conocimientos y compartir experiencias, siendo el propósito de la metodología del módulo poscosecha.

Análisis estadístico

Efectividad de la tecnología de almacenamiento y alternativas de conservación sobre parámetros de características del grano de maíz, fue comparando las diferencias entre las características iniciales del grano y las características después de los 120 días de almacenamiento, utilizando un análisis unidireccional de varianza (ANDEVA).

Se analizó la relación entre las condiciones de almacenamiento, la efectividad de las alternativas de conservación de los productos inertes y las características de los granos. Los datos considerados incluyen: (1) elevación de msnm, clima (temperatura promedio) de la ubicación de los Bancos Comunitarios de Semillas; (2) número de gorgojos del maíz vivos y muertos (*Sitophilus zeamais*) y (3) porcentaje de germinación. La relación entre estos parámetros fue analizado a través de la correlación de Pearson, para examinar las relaciones entre la humedad y temperatura del grano, gorgojos vivos y parámetros de calidad del grano entre los módulos poscosecha.

En el municipio de San Juan de Limay con elevación de 400 msnm, fue donde el porcentaje promedio de germinación disminuyó el 28%, resaltando el contenedor bolsa plástica en sacos de polipropileno, con alternativa de conservación a base de polvo de neem.

Con respecto a la interacción de Contenedores y Mes*Contenedor, no se presentan reducciones significativas en la germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas o tecnologías herméticas alternativas (Silo metálico y bolsas plásticas en sacos de polipropileno). Estudios previos documentaron que las tecnologías herméticas preservan la calidad de las semillas al reducir el contacto con el medio ambiente, mantener una humedad relativa de equilibrio baja, sequedad de las semillas y limitar la disponibilidad de oxígeno durante el almacenamiento (Afzal et al., 2017 ; Abas et al., 2018; Baoua et al., 2018; Bradford et al., 2018 ; Kuyu et al., 2022; Tubbs et al., 2016). Singano et al. (2019) reportaron una disminución de la tasa de germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas.

En el municipio de San Juan de Limay con elevación de 400 msnm, fue donde el porcentaje promedio de germinación disminuyó el 28%, resaltando el contenedor bolsa plástica en sacos de polipropileno, con alternativa de conservación a base de polvo de neem.

Con respecto a la interacción de Contenedores y Mes*Contenedor, no se presentan reducciones significativas en la germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas o tecnologías herméticas alternativas (Silo metálico y bolsas plásticas en sacos de polipropileno). Estudios previos documentaron que las tecnologías herméticas preservan la calidad de las semillas al reducir el contacto con el medio ambiente, mantener una humedad relativa de equilibrio baja, sequedad de las semillas y limitar la disponibilidad de oxígeno durante el almacenamiento (Afzal et al., 2017 ; Abas et al., 2018; Baoua et al., 2018; Bradford et al., 2018 ; Kuyu et al., 2022; Tubbs et al., 2016). Singano et al. (2019) reportaron una disminución de la tasa de germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas.

Efectividad de las tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación sobre la cantidad de gorgojos vivo y muertos

La tabla 8, muestra el análisis de varianza para gorgojos vivos y muertos. Según el ANDEVA, existen diferencias significativas por efecto del mes y el tratamiento, de igual manera, cuando se relacionan lugar \times mes, mes*contenedor, contenedor*tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tecnología de almacenamiento y alternativas de conservación sobre la humedad y temperatura del grano

Los agricultores utilizan como práctica común de almacenar granos en métodos de almacenamiento convencionales, incluidas bolsas de polipropileno y sacos (Mendesil et al., 2022; Mesele y otros, 2022; Tefera y Mendesil, 2020; De Groot et al., 2013; Demissie y otros, 2008). En este estudio se evaluó el efecto de las tecnologías de almacenamiento hermético (silo metálico y bolsas plásticas en sacos de polipropileno), sobre la humedad y la temperatura del grano. El contenido de humedad y la temperatura se encuentran entre los factores más críticos que afectan la calidad de los granos durante el almacenamiento (Kumar y Kalita, 2017; Likhayo et al, 2018). Al respecto, las tecnologías herméticas (silos metálicos y bolsas plásticas herméticas) proporcionan un control eficiente de las condiciones de oxígeno, temperatura y humedad (García-Lara et al., 2013; Gitonga et al., 2015) lo que permite mantener la calidad de los granos por mayor tiempo.

La tabla 2, muestra el análisis de varianza para humedad y temperatura del grano. Según el ANDEVA, existen diferencias significativas con respecto al lugar donde está ubicado el banco comunitario de semillas ($p < 0.0001$) y mes de almacenamiento, para la humedad del grano y temperatura, respectivamente. También hubo diferencia estadística en la interacción Lugar \times Mes y Contenedor \times Tratamiento ($p < 0.0357$) solamente para la humedad.

Tabla 2. Análisis de varianza para humedad y temperatura del grano de maíz

Fuente de variación	Humedad	Temperatura
Lugar	<0.0001	<0.0001
Mes	<0.0001	<0.0001
Contenedor	0.1275	0.1275
Tratamiento	0.1462	0.1462
Lugar*Mes	<0.0001	<0.0001
Mes*Contenedor	0.2089	0.2089
Contenedor*Tratamiento	0.0357	0.9993

Según la tabla 3, los granos de maíz almacenados en el banco comunitario de semillas de Estelí, mostró menor humedad y temperatura con respecto a los granos almacenados en los otros municipios. No obstante, San Juan de Limay, presentó mayor temperatura del grano.

Tabla 3. Efecto del lugar (BCS) sobre la humedad y temperatura del grano

Lugar (BCS)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
Estelí	11.4 a	27.26 a
Pueblo Nuevo	12 b	28.31 ab
San Juan Limay	12.1 b	29.23 b

De febrero a mayo, en los tres bancos comunitarios de semillas hubo un incremento de la temperatura del grano de 10 °C, en cambio la humedad disminuyó en promedio 4.32 %.

Tabla 4. Efecto de los meses de almacenamiento sobre la humedad y temperatura del grano

Meses	Humedad (%)	Temperatura (°C)
Febrero	14 d	22 a
Marzo	12.5 c	27.1 b
Abril	11 b	31.72 c
Mayo	9.68 a	32 c

Los hallazgos muestran variaciones en la humedad y temperatura del grano de maíz con relación a la ubicación y el mes de almacenamiento, coinciden con investigación de Meriggi et al. (2013) han señalado que los granos almacenados en los silos pueden sufrir procesos de deterioro generados por la influencia de factores externos tales como la temperatura ambiente, relacionada con las estaciones del año.

Por tanto, la elección del lugar y el mes de almacenamiento son factores importantes que influyen en la humedad y la temperatura de los granos de maíz. Además, la selección adecuada del tipo de contenedor puede afectar significativamente la humedad del grano, mientras que los diferentes tratamientos también desempeñan un papel crucial en el manejo de la humedad durante el almacenamiento.

Efectividad de las tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación sobre los porcentajes de germinación

Según el análisis de varianza sobre el porcentaje de germinación (tabla 5), existen diferencias estadísticas con respecto al lugar. No hay diferencias significativas en la interacción mes y contenedor para la germinación. También, existen diferencias estadísticas en las interacciones Lugar × mes y Mes × Contenedor.

Tabla 5. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación del grano de maíz

Fuente de variación	Germinación
Lugar	<0.0001
Mes	<0.0001
Contenedor	0.072
Tratamiento	0.37
Lugar*Mes	<0.0001
Mes*Contenedor	0.072
Contenedor*Tratamiento	0.3081

La germinación inicial fue de 85% alcanzando a los 120 días un promedio del 69%. En cuanto al lugar de ubicación del banco de semilla, en el municipio de Estelí, se presentó el mayor porcentaje de germinación de la semilla con 82%, y el municipio con menor germinación fue San Juan de Limay (400 msnm) con un promedio de 71%, 11% menos que el Municipio de Estelí. Este resultado se corrobora con la investigación de Odjo et al. (2022b), señalan que la germinación de las semillas se vio menos afectada por el tipo de tecnología de almacenamiento en sitios por encima de los 2000 msnm, pero se observó un efecto significativo en sitios por debajo de los 500 msnm.

Tabla 6. Efecto del lugar (BCS) sobre el porcentaje de germinación del grano

Lugar	Germinación (%)
Estelí	82 b
Pueblo Nuevo	77.6 ab
San Juan Limay	71 a

En lo que respecta a la interacción Mes \times Lugar, se puede afirmar que, el municipio de Estelí, presentó mayor germinación con respecto a los municipios de Estelí y Pueblo Nuevo.

Tabla 7. Interacciones entre mes y lugar (BCS) sobre el porcentaje de germinación del grano

Meses	Estelí	Pueblo Nuevo	San Juan Limay
Mes inicial	85 c	85 c	85 c
Mes final	79 c	70 b	57 a

En el municipio de San Juan de Limay con elevación de 400 msnm, fue donde el porcentaje promedio de germinación disminuyó el 28%, resaltando el contenedor bolsa plástica en sacos de polipropileno, con alternativa de conservación a base de polvo de neem.

Con respecto a la interacción de Contenedores y Mes*Contenedor, no se presentan reducciones significativas en la germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas o tecnologías herméticas alternativas (Silo metálico y bolsas plásticas en sacos de polipropileno). Estudios previos documentaron que las tecnologías herméticas preservan la calidad de las semillas al reducir el contacto con el medio ambiente, mantener una humedad relativa de equilibrio baja, sequedad de las semillas y limitar la disponibilidad de oxígeno durante el almacenamiento (Afzal et al., 2017; Abas et al., 2018; Baoua et al., 2018; Bradford et al., 2018; Kuyu et al., 2022; Tubbs et al., 2016). Singano et al. (2019) reportaron una disminución de la tasa de germinación de las semillas almacenadas utilizando tecnologías herméticas.

Efectividad de las tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

La tabla 8, muestra el análisis de varianza para gorgojos vivos y muertos. Según el ANDEVA, existen diferencias significativas por efecto del mes y el tratamiento, de igual manera, cuando se relacionan lugar \times mes, mes*contenedor, contenedor*tratamiento.

Tabla 8. Análisis de varianza sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

Fuente de variación	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos
Lugar	0.0241	0.9262
Mes	0.0013	0.0021
Contenedor	0.3887	0.1452
Tratamiento	<0.0001	0.0017
Lugar*Mes	0.0309	0.0299
Mes*Contenedor	0.0012	0.0483
Contenedor*Tratamiento	0.0004	0.0057

Según tabla 9, el tratamiento con menor cantidad de gorgojos, fue el polvo de neem, seguido por el tratamiento Ceniza + cal. El tratamiento testigo, fue el que mostró la mayor cantidad de gorgojos, con un incremento de 105 y 37.5 gorgojos vivos y muertos.

Tabla 9. Efecto del tratamiento sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

Tratamiento	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos
Polvo de neem	15 a	7.5 ab
Ceniza + cal	20.5 ab	10 ab
Testigo	120 b	45 b

Según tabla 10, la cantidad de gorgojos vivos y muertos, se vio influenciada por el mes. El mes de marzo, presentó la mayor la cantidad de gorgojos vivos y muertos, incrementando en un 29% y 7%, respectivamente con respecto al mes de mayo. En el mes de marzo el municipio de Estelí, se destaca con la mayor cantidad de gorgojos vivos, por otro lado, en el mes de abril el municipio de San Juan de Limay, mostró la menor cantidad de gorgojos vivos.

Tabla 10. Interacciones entre mes y lugar (BCS) sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

Meses	Gorgojos Vivos			Gorgojos Muertos		
	Estelí	Pueblo Nuevo	San Juan Limay	Estelí	Pueblo Nuevo	San Juan Limay
Marzo	46 b	19 ab	26 ab	6 ab	15 ab	17 b
Abril	14 ab	19 ab	5 a	8 ab	0 a	3 ab
Mayo	22 ab	28 ab	12 ab	13 ab	10 ab	8 ab

La table 11, muestra las interacciones entre el mes y el contenedor, siendo el mes de marzo, los granos almacenados en contenedor silo metálico, mostraron mayor cantidad de gorgojos vivos; aunque en el mes de abril bajo su cantidad. Asimismo, en el mes de abril, la cantidad de gorgojos vivos disminuyó en los dos tipos de contenedores. Las alternativas de contenedores herméticos disminuyen a evitar pérdidas durante el almacenamiento. El almacenamiento hermético permite la exclusión del oxígeno para el proceso de respiración de las plagas de insectos y se ha demostrado que previene las pérdidas poscosecha causadas por plagas de insectos en diversos cultivos de leguminosas y cereales (Covele et al., 2020; Ngwenyama et al., 2020; Odjo et al., 2020; Tefera y Mendesil, 2020; Mubayiwa et al., 2021; Mendesil et al., 2022; Mesele et al., 2022; Yewle et al., 2022)

Tabla 11. Interacciones entre mes y contenedor sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

Mes	Bolsa plástica		Silo	
	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos
Marzo	33 ab	16 b	58 b	22 b
Abril	26 ab	9 ab	12 a	2 a
Mayo	44 ab	22 ab	18 ab	9 ab

Los testigos mostraron la mayor cantidad de gorgojos vivos y muertos (Tabla 12). Los tratamientos con polvo de neem en silo metálico y en bolsas plásticas en sacos de polipropileno, mostraron la menor cantidad de gorgojos. Estos hallazgos indican que el polvo de neem podría ser una opción viable y respetuosa con el medio ambiente para el control de plagas en el almacenamiento de granos de maíz. No obstante, se requiere de más investigación para entender completamente los mecanismos detrás de la eficacia de estos tratamientos.

Tabla 12. Interacciones entre tratamiento y contenedor sobre la cantidad de gorgojos vivos y muertos

Tratamientos	Bolsa plástica		Silo	
	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos	Gorgojos vivos	Gorgojos muertos
Polvo de neem	18 b	10 b	12 c	5 c
Ceniza + cal	22 b	10 b	19 b	10 b
Testigo	63 a	27 a	57 a	18 ab

Efectividad de las tecnologías de almacenamiento y alternativas de conservación sobre el peso de cien granos (g), el índice de flotación y dureza después de los 120 días de almacenamiento.

La tabla 13, muestra el análisis de varianza sobre el peso y el índice de flotación del grano. Con respecto al peso de 100 granos, se observaron diferencias estadísticas en relación con el Lugar donde se ubica el banco comunitario de semillas, entre el tipo de contenedor y entre el producto inerte aplicado para el control de gorgojos.

Tabla 13. Análisis de varianza sobre el peso y el índice de flotación del grano

Fuentes de variación	Peso de 100 granos (g)	Índice de flotación
Repetición	0.155	0.02
Lugar	< 0.01	< 0.01
Contenedor	0.01	0.093
Lugar*Contenedor	0.537	0.2964
Tratamiento	< 0.01	< 0.01
Lugar*Tratamiento	0.002	< 0.01
Contenedor*Tratamiento	0.329	0.597

Según tabla 14, el banco de semillas de Pueblo Nuevo, mostró los valores mayores de peso de 100 granos con un promedio global de 44.7 g, por otro lado, en el municipio de San Juan de Limay, presento el menor índice de flotación.

Tabla 14. Efecto del lugar (BCS) sobre el peso y el índice de flotación del grano

Lugar (BCS)	Peso de 100 granos (g)	Índice de Flotación
Estelí	41.5 c	52.2 a
Pueblo Nuevo	44.7 a	44.1 b
San Juan de Limay	42.9 b	43.9 b

Cuando se compararon los tratamientos de conservación con el testigo, se destacó por mostrar menores valores tanto en el peso de 100 granos como en el índice de flotación (41.67 g y 45%, respectivamente), en comparación con los demás tratamientos evaluados. Por otro lado, el tratamiento que combinó ceniza y cal en bolsa plástica en saco de polipropileno presentó un mayor valor de índice de flotación (51%), mientras que el tratamiento testigo (45%) registró el menor valor en esta variable. Estos hallazgos sugieren que el uso de tratamientos de conservación puede tener un impacto significativo en la calidad del maíz almacenado, especialmente en relación con el índice de flotación.

Tabla 15. Interacciones del lugar con los tratamientos

Tratamiento1 (Productos)	Ubicación de los BCS		
	Estelí	Pueblo Nuevo	San Juan de Limay
Ceniza + Cal	42.8 bcd	45.2 a	42.7 cd
Neem	42.5 cd	45 a	44.1 ab
Testigo 1	39.3 d	43.8 abc	42 d

l efecto del contenedor sobre el peso de 100 granos, presentó el silo metálico un alcance de peso promedio de 42.7 y en la bolsa plástica en saco de polipropileno de 43.3a, conservándose en este contenedor el mayor peso del grano de maíz. Sin

El efecto del contenedor sobre el peso de 100 granos, presentó el silo metálico un alcance de peso promedio de 42.7 y en la bolsa plástica en saco de polipropileno de 43.3a, conservándose en este contenedor el mayor peso del grano de maíz. Sin embargo, en el índice de flotación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas de almacenamiento. Al respecto, Palacios (2018), destaca que el índice de flotación (IF) se basa en el número de granos que flotan en una solución de densidad específica (1.25 g mL⁻¹), los granos suaves contienen una mayor cantidad de aire en el endospermo y flotan más que los granos duros.

Correlación entre parámetros de características de grano, calidad del grano y la emergencia de gorgojos

La tabla 16, muestra el análisis de regresión de Pearson entre variables de parámetros de características, calidad del grano y emergencia de gorgojos, para explorar las posibles relaciones entre las variables mencionadas anteriormente. Los resultados de estos análisis mostraron las siguientes correlaciones significativas:

El análisis de regresión reveló una correlación positiva significativa entre la humedad del grano y el índice de flotación ($p < 0.05$). Esto sugiere que a medida que aumenta la humedad del grano, su capacidad de flotar también se incrementa. Se encontró una correlación positiva significativa entre la presencia de gorgojos vivos y el índice de flotación ($p < 0.05$). Esto significa que, a medida que aumenta la cantidad de gorgojos vivos, el índice de flotación del maíz almacenado también aumenta.

El análisis de regresión de Pearson, reveló una relación significativa entre la presencia de gorgojos vivos y la humedad del grano ($p < 0.05$). Significa que la presencia de gorgojos vivos está relacionada con el contenido de humedad del maíz almacenado. En esa misma línea, se encontró una correlación significativa entre la germinación del maíz y el índice de flotación ($p < 0.05$), lo que se traduce en que el índice de flotación podría estar relacionado con la capacidad de germinación de los granos de maíz almacenados.

Tabla 16. Análisis de regresión de Pearson entre variables de parámetros de calidad del grano, características del grano y emergencia de gorgojos en diferentes municipios, meses del año y bajo los efectos de diferentes tratamientos.

Al respecto Bern et al. (2013) señalan que los contenedores herméticamente sellados como los silos metálicos o las bolsas plásticas mejoradas son adecuados para los pequeños productores y permiten mantener el grano con un contenido de humedad de almacenamiento seguro y sin pesticidas.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación del módulo poscosecha, mostraron que las condiciones ambientales, el nivel de elevación metros sobre el nivel del mar, las características físicas del grano (humedad y temperatura), las tecnologías de almacenamiento y prácticas de conservación pueden influir en el aumento del índice de flotación, la dureza del grano y la capacidad de germinación de la semilla, reduciendo así parámetros de calidad de los granos almacenados.

Este estudio muestra que en la selección de las tecnologías de almacenamiento adecuadas para mantener la calidad y conservación del maíz durante la poscosecha, se debe considerar las particularidades de cada región y los objetivos específicos de conservación. Además, estos resultados contribuyen hacia el desarrollo de estrategias más eficientes y sostenibles para la preservación del maíz, de igual manera al fomento del módulo poscosecha que promueva la experimentación, validación y difusión de prácticas de acondicionamiento y almacenamiento con aportes al desarrollo agroecológico y seguridad alimentaria sostenible.

REFERENCIAS

- Abas, AB; Fischler, M.; Schneider, K.; Daudi, S.; Gaspar, A.; Rust, J.; Kabula, E.; Ndunguru, G.; Madulu, D.; Msola, D. (2018). Comparación en finca de diferentes tecnologías de almacenamiento poscosecha en un sistema de cultivo de maíz del corredor central de Tanzania. *Revista de investigación de productos almacenados*. 77, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.03.002>
- Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., Borgemeister, C. (2015). Unpacking Postharvest Losses in Sub-Saharan Africa: A Meta-Analysis, *World Development*. 66, 49-68. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002>
- Afzal, I., Amir, M., Ishfaq, M., Sagheer, M., Baributsa, D. (2017). Maintaining dryness during storage contributes to higher maize seed quality, *Journal of Stored Products Research*. 72, 49-53. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.04.001>.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2018). Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 235-243. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.14>
- Arthur, E., Akowuah, J., Obeng, G. (2022). Evaluación de la bolsa de almacenamiento mejorado de cultivos de Purdue (PICS) para el almacenamiento de maíz en Ghana. *Afr. J. Food Agric. Nutr.* 22(6): 20596-20608. <https://doi.org/10.18697/ajfand.111.22055>
- Baoua, IB; Bakoye, O.; Amadou, L.; Murdock, LL; Baributsa, D. (2018). Rendimiento de las bolsas PICS en condiciones extremas en la zona del Sahel de Níger. *Revista de investigación de productos almacenado*. 76, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.01.007>
- Bradford, K., Dahal, P., Asbrouck, J., Kunusoth, K., Bello, P., Thompson, J., Wu, F. (2018). The dry chain: Reducing postharvest losses and improving food safety in humid climates. *Trends in Food Science & Technology*. 71, 84-93. ISSN 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.002>.
- Covele, G., Gulube, A., Tivana, L., Ribeiro-Barros, A., Carvalho, M., Ndayiragije, A., Nguenha, R. (2020). Effectiveness of hermetic containers in controlling paddy rice (*Oryza sativa* L.) storage insect pests, *Journal of Stored Products Research*. 89, 101710. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101710>
- De Groote, H., Kimenju, S., Likhayo, P., Kanampiu, F., Tefera, T., Hellin, J. (2013). Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. *Journal of Stored Products Research*, 53, 27-36, ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.01.001>
- Demissie, G., Tefera, T., Tadesse, A. (2008). Eficacia de Silicosec, cachaza y ceniza de madera contra el gorgojo del maíz. *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) sobre tres genotipos de maíz. *Revista de investigación de productos almacenados*. 44 (3), 227-231. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.01.001>
- Fonteyne, S. y Verhulst, N. (2018). Red de Plataformas de Investigación cimmyt. Resultados PV 2017 y OI 2017-18. Red de plataformas de investigación CIMMYT. Resultados 2017: Agricultura de Conservación en sistemas de temporal. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20125>
- García-Lara, S., Ortíz, S. & Villers, P. (2013). Portable hermetic storage bag resistant to *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*, and *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, 54, 23–25. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.04.001>
- Metal silo grain storage technology and household food security in Kenya. *J. Dev. Agric. Econ.*, 7(6), 222–230. h

- Gliessman, S. (2002). Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible. <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecologicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>
- Kumar, D. y Kalita, P. (2017). Reducir las pérdidas poscosecha durante el almacenamiento de cereales para fortalecer la seguridad alimentaria en los países en Desarrollo. *Alimentos*. 6 (1), 8. <https://doi.org/10.3390/foods6010008>
- Kuyu, CG; Tola, YB; Mahoma, A.; Mengesh, A.; Mpagalile, JJ. (2022). Evaluación de diferentes tecnologías de almacenamiento de granos contra plagas de insectos durante un tiempo de almacenamiento prolongado. *Revista de investigación de productos almacenados*. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101945>
- Likhayo, P., Bruce, A., Tefera, T., Mueke, J. (2018). Maíz de grano almacenado en bolsas herméticas: efecto de la humedad y la infestación de plagas en la calidad del grano", *Journal of Food Quality*, vol. 2018, ID de artículo 2515698, 9 páginas, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2515698>
- Mendesil, E., Kuyu, C., Anderson, P. (2022). Efectos del almacenamiento en bolsas herméticas de triple capa sobre la calidad del grano de guisante almacenado y la infestación por el gorgojo del guisante, *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Bruchidae). *Revista de investigación de productos almacenados*. 95, 101919. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101919>
- Meriggi, P., Pietri, A., For - menti, S., Baccarini, G. & Battilani, P. (2013). Dynamics of fungi and related mycotoxins during cereal storage in silo bags. *Food Control*, 30(1), 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.033>
- Mesele, T., Dibaba, K., Garbaba, C.A., Mendesil, E. (2022). Efectividad de diferentes estructuras de almacenamiento para el manejo del gorgojo mexicano del frijol, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) en frijol común almacenado, *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae). *Revista de investigación de productos almacenados*. Volumen 96, artículo 101928, ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101928>
- Mubayiwa, M., Mvumi, BM., Stathers, T., Mlambo, S. & Nyabako, T. (2021). Field evaluation of hermetic and synthetic pesticide-based technologies in smallholder sorghum grain storage in hot and arid climates. *Representante científico*. 11, 3692. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83086-3>
- Ngwenyama, P., Mvumi, B., Nyanga, L., Stathers, T., Siziba, S. (2020). Comparative performance of five hermetic bag brands during on-farm smallholder cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp) storage. *Journal of Stored Products Research*. 88, 101658. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101658>
- Nkhata, S., Liceaga, A., Rocheford, T., Hamaker, B., Ferruzzi, M. (2021). El almacenamiento de maíz biofortificado en bolsas de almacenamiento mejorado de cultivos (PICS) de Purdue reduce la disminución de la viscosidad de la papilla provocada por enlaces disulfuro. *LWT (Lebensm.-Wiss. & Technol.)*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110262>
- Odjo, S., Bongianino, N., González, J., Cabrera, M., Palacios, N., Burgueño, J., Verhulst, N. (2022a). Efecto de las tecnologías de almacenamiento en el control de plagas de insectos poscosecha y la germinación de semillas en variedades locales de maíz mexicano. 13 (10), 878. <https://doi.org/10.3390/insects13100878>
- Odjo, S., Palacios, N., Burgueño, J., Corrado, M., Ortner, T., & Verhulst, N. (2022b). Hermetic storage technologies preserve maize seed quality and minimize grain quality loss in smallholder farming systems in Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 96, 101954. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101954>
- Odjo, S.; Burgueño, J.; Ríos, A.; Verhulst, N. (2020). Las tecnologías de almacenamiento hermético reducen el daño de las plagas del maíz en los sistemas agrícolas de pequeños agricultores en México. *Revista de investigación de productos almacenados*. 88, 101664. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>

- Odjo, S., González, J., Vilchis, R., Castillo L., Saldivia, A., Galaviz, P., Albarrán, B. y Verhulst, N. (2017). Poscosecha. Resultados 2017. Red de Plataformas de Investigación cimmyt. Resultados PV 2017 y OI 2017-18. Agricultura de Conservación en la agricultura familiar. Texcoco: cimmyt. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20815>
- Oyekale, K. O.; Daniel, I. O.; Ajala, M. O. y Sanni, L. O. Potential longevity of maize seeds under storage in humid tropical seed stores”. *Nature and Science*, 10(8), 114–124, ISSN 1545-0740, ISSN 2375-7167.
- Palacios, N. (2018). Calidad nutricional e industrial de Maíz: Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz “Evangelina Villegas” CDMX, México: CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19667/59829.pdf>
- Serna, S. (2012). *Cereal Grains, Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual*. CRC Press (2012), 10.1201/b11726. 1ra. Edición. Libro electrónico ISBN9780429097737. <https://doi.org/10.1201/b11726>. Disponible: *Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual* - Sergio O. Serna-Saldivar - Google Libros
- Singano, C.; Mvumi, B.; Stathers, T. (2019). Eficacia de las instalaciones de almacenamiento de cereales y de los protectores en el control de plagas de insectos del maíz almacenado en una zona propensa al riesgo climático del valle de Shire, en el sur de Malawi. *Revista de investigación de productos almacenados*. 83, 130-147. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.06.007>
- Taleon, V., Mugode, L., Cabrera, L. y Palacios, N. (2017). Retención de carotenoides en maíz biofortificado utilizando diferentes métodos de almacenamiento y envasado poscosecha. *Química de los alimentos*. 232, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.158>
- Tefera, T. y Mendesil, E. (2020). Pérdidas y desperdicios de alimentos en los cereales (cap.14). Prevenir las pérdidas y el desperdicio de alimentos para lograr la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. En E. Yahia (ed.). (1.a ed., pp. 22-852. ISBN – 9780429266621. <https://doi.org/10.1201/9780429266621>
- Tubbs, T., Baributsa, D., Woloshuk, C. (2016). Impact of opening hermetic storage bags on grain quality, fungal growth and aflatoxin accumulation. *Journal of Stored Products Research*. 69, 276-281. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.10.003>.
- Yewle, N., Swain, K., Mann, S., Guru, P. (2022). Performance of hermetic bags in green gram [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek] storage for managing pulse beetle (*Callosobruchus chinensis*). *Journal of Stored Products Research*. 95, 101896. ISSN 0022-474X. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101896>

AmeliCA

Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/230/2304895001/2304895001.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en portal.amelica.org

AmeliCA

Ciencia Abierta para el Bien Común

Noemí del Carmen Obregón, Oscar José Gómez Gutiérrez,
Jorge Ulises Blandón Díaz

Tecnologías y prácticas alternativas para la conservación de maíz: resultado del manejo módulo poscosecha
Alternative technologies and practices for the conservation of corn: result of post-harvest module management

Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo

vol. 13, núm. 2, p. 109 - 124, 2023

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

revistaelhigo@uni.edu.ni

ISSN-E: 2413-1911