

**Comportamiento y Calidad de los Granos de Maíz (Zea Mays)
Almacenados en Graneros Construidos con Diferentes Materiales**

**Behavior and Quality of Corn (Zea Mays) Grains
Stored in Barns Constructed with Different Materials**

Teresa Viviana Moreira-Vera¹
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
teresa.moreira@utm.edu.ec

Tanya Beatriz Bravo-Mero²
Universidad Técnica de Manabí - Ecuador
tanya.bravo@utm.edu.ec

Olga Lilian Mendoza-Talledo³
Universidad Técnica de Manabí - Ecuador
olga.mendoza@utm.edu.ec

Telly Yarita Macías-Zambrano⁴
Centro de investigación internacional, capacitación y publicaciones, Ecuador - Ecuador
itspem.tmacias@gmail.com

doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1879

V8-N4 (jul-ago) 2023, pp. 202-214 | Recibido: 14 de abril de 2023 - Aceptado: 13 de junio de 2023 (2 ronda rev.)

1 Docente investigadora de la facultad de ingeniería agrícola de la Universidad Técnica de Manabí; Vicedecana de estudiantes de la Facultad.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9868-3652>

2 Docente investigadora de la facultad de ingeniería agrícola de la Universidad Técnica de Manabí; Responsable de vinculación con la sociedad de la Facultad.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3437-8584>

3 Docente investigadora del instituto de Ciencias básica de la Universidad Técnica de Manabí. Autora de varias publicaciones tipo artículos científicos, capítulos de libros, ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9868-3652>

4 Docente investigadora, facilitadora de posgrado. Doctoranda en Educación Superior en la Universidad de Palermo. Coordinadora de capacitación del Centro de investigación internacional, capacitación CIICEP
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

Cómo citar este artículo en norma APA:

Moreira-Vera, T., Bravo-Mero, T., Mendoza-Talledo, O., & Macías-Zambrano, T., (2023). Comportamiento y Calidad de los Granos de Maíz (Zea Mays) Almacenados en Graneros Construidos con Diferentes Materiales . 593 Digital Publisher CEIT, 8(4), 202-214 <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1879>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

El maíz es el grano alimenticio más antiguo conocido en el mundo, es la única especie cultivada de este género que constituye un alimento muy nutritivo y accesible para las personas, empero, una de las condiciones para su conservación prolongada es el almacenamiento a temperaturas entre 20-24°C máximo.

El estudio describe el comportamiento de la temperatura y humedad en la conservación de granos de maíz almacenados en graneros con materiales del medio, en la comunidad Mapasingue de Ecuador; se diseñaron dos maquetas experimentales que simulaban dos graneros con diferentes materiales, una para control y otra para tratamiento, utilizando una muestra de 1000 granos recolectados por seis semanas, se midió la temperatura y humedad en cada prototipo, iniciando con una temperatura de 23°C y humedad de 15% en tratamiento y control, la duración del ensayo fue de 45 días. En el caso del tratamiento, la media mostró valores mínimos y máximos de 12 y 13% de humedad respectivamente; manteniéndose constante la temperatura durante todo el período de almacenamiento en el experimento.

Los porcentajes de humedad del tratamiento fueron menores que los del control; la diferencia entre los granos dañados del tratamiento y control fue el 9,6% tomando como muestra 46 kilogramos de maíz en el tratamiento, siendo rentable el tratamiento y a partir del total de granos dañados se determinó el costo de estos, cuyo valor fue de 4,81 dólares. Se concluye en la importancia del pretratamiento de granos antes del almacenamiento en graneros construidos de madera y metal.

Palabras claves: comportamiento; granos dañados; almacenamiento; tratamiento.

ABSTRACT

Maize is the oldest known food grain in the world; it is the only cultivated species of this genus that constitutes a very nutritious and accessible food for people, however, one of the conditions for its prolonged conservation is storage at temperatures between 20-24°C maximum.

The study describes the behavior of temperature and humidity in the conservation of corn grains stored in barns with materials from the environment, in the Mapasingue community of Ecuador; two experimental models were designed that simulated two barns with different materials, one for control and the other for treatment, using a sample of 1000 grains collected for six weeks, temperature and humidity were measured in each prototype, starting with a temperature of 23°C and humidity of 15% in treatment and control, the duration of the trial was 45 days. In the case of the treatment, the mean showed minimum and maximum values of 12 and 13% humidity respectively; temperature remaining constant throughout the storage period in the experiment.

The moisture percentages of the treatment were lower than those of the control; the difference between the damaged grains of the treatment and the control was 9.6%, taking as a sample 46 kilograms of corn in the treatment, the treatment being profitable, and from the total of damaged grains the cost of the same was determined, the value of which was US\$4.81. The importance of pretreatment of grains before storage in barns made of wood and metal is concluded.

Key words: behavior; damaged grains; storage; treatment.

Introducción

El maíz, (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género; su centro de origen está en América, en la zona tropical, por lo que es una planta de excelentes rendimientos, sin embargo se cultiva en diversidad de ambientes a diferencia de otros cultivos, ya que puede darse hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile (Paliwal, 2023). La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero también por debajo del nivel del mar, en las planicies del Caspio y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes, y continúa expandiéndose a nuevas áreas y ambientes. (Sánchez y Pérez, 2014)

Dada la importancia económica que ha alcanzado a nivel mundial, ya sea como alimento humano, para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales, se ha logrado posicionar como el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar (FAO, 2023). Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total, cuya producción anual está por los 600 millones de toneladas, de las cuales, Estados Unidos es el mayor productor y alcanza rendimientos por encima de 9 t.ha⁻¹, al igual que países como Italia y Francia (Zambrano & y Andrade, 2021).

El maíz constituye la dieta principal en numerosas regiones del mundo. Sus granos proveen macro y micronutrientes primordiales para las necesidades metabólicas del ser humano pero el contenido de algunos de ellos resulta insuficiente o desequilibrado para quienes utilizan este cereal como alimento base. Los granos de maíz son deficitarios en vitaminas B y C así como en hierro y yodo. La zeína es la mayor proteína de reserva del grano y aunque rica en varios aminoácidos es deficiente en lisina y triptófano, por ende, es pobre desde una perspectiva nutricional (Corcuera et al., 2016).

Datos recientes publicados por la FAO (2023), revelan que, al sur del Ecuador, la siembra de los cultivos de maíz de la campaña principal está a punto de finalizar en el Brasil y se prevé que la superficie sembrada alcanzará un máximo histórico, impulsada por una demanda de exportaciones robusta, por consiguiente, y también a causa de unas condiciones atmosféricas propicias, se prevé que la producción de maíz alcanzará un nivel récord en 2023. Sin embargo, para lograr una buena comercialización del maíz, es imprescindible una buena conservación del cariósido, lo cual representa un serio desafío debido a las altas temperaturas y la humedad relativa que predomina en las zonas cálidas de Ecuador, ya que bajo estas condiciones ecológicas se favorece el desarrollo de patógenos que ocasionan las pérdidas en los granos y las semillas (Alcívar et al., 2021).

De tal manera que, garantizar el almacenamiento del grano después de la cosecha, constituye la gran preocupación que los agricultores vienen arrastrando por varias décadas, puesto que la presencia de plagas producto de la excesiva humedad, no solo reduce el volumen de maíz almacenado, sino que afecta la calidad del grano y por consiguiente afecta los ingresos esperados por la venta del producto, teniendo que venderlo a menor precio, o en su defecto, tener que comprar más grano para la próxima siembra, para la alimentación de las aves, del ganado y del hogar (Villena, 2016).

Así también, teniendo en cuenta que, los granos como organismos vivos están formados por una capa protectora (pericarpio), reserva de alimentos (endospermo) y el embrión (germen), que en su estado entero, sano y limpio presentan resistencia a la descomposición ocasionada por microorganismos e insectos, pero que, cuando su capa protectora está dañada o el grano está quebrado, son más susceptibles al ataque de plagas, aunque se almacenen bajo condiciones ambientales favorables (Corcuera et al., 2016).

Esto se debe además, a que las tecnologías de postcosecha empleadas por los pequeños agricultores son tradicionales y no han evolucionado a la par de los avances tecnológicos, y continúan utilizando estructuras muy deficientes, con un pésimo diseño y que no son las adecuadas para el almacenamiento (Loayza, 2020), ya que no brindan las condiciones para proteger a las cosechas de los efectos de las condiciones climáticas estacionales como la humedad, temperatura externa, plagas, hongos y otros a los granos de maíz, los cuales aceleran los procesos de transformación y deterioro, propios de los productos biológicos (Eyhérbide, 2010).

No obstante, en el mercado existen diversos materiales que se pueden utilizar en la construcción de un granero, los que van desde los más amigables con el medio ambiente hasta los tradicionales (Macías, 2021), pudiendo elegir para la estructura entre la madera, bambúes, metal corrugado, ladrillo o piedra, hormigón, plástico, tableros OSB o WPC (mezcla de madera y plástico); y para los techos, se tienen opciones como el metal, la secoya y el cedro batido, tejas de asbesto, cemento o asfalto; en cuanto a los pisos, lo ideal es que sea de cemento, ya que debido a su resistencia, soporta el tráfico de personas, materiales y, sirve de protección contra roedores y otras plagas comunes en la ruralidad (FAO, 2023). Además, se debe tener en cuenta la ventilación del lugar, la cual se puede realizar por medios naturales o mecánicos; esto se puede hacer con diferentes rejillas de ventilación y un giro de la cúpula del ventilador en la parte superior del techo (Blanco y Leyva, 2010).

Siendo así, tanto de la elección adecuada de los materiales y de las adaptaciones en la construcción de los graneros, dependerá mucho el mejoramiento de la calidad de los granos almacenados; basado en lo cual, el presente trabajo analizó el comportamiento y calidad de los granos de maíz almacenados en graneros construidos con diversos materiales existentes en las localidades rurales manabitas; en consecuencia, se espera que a partir de este estudio se obtengan datos que permitan evaluar y mejorar la calidad de los granos conservados en graneros construidos con diferentes

materiales existentes en el medio, así también, esta información coadyuva con información oportuna para fomentar la calidad de los granos de maíz mediante la aplicación de tecnologías de postcosecha, que ayudaran además a una percepción de mejores precios para el producto en el mercado.

Materiales y Métodos

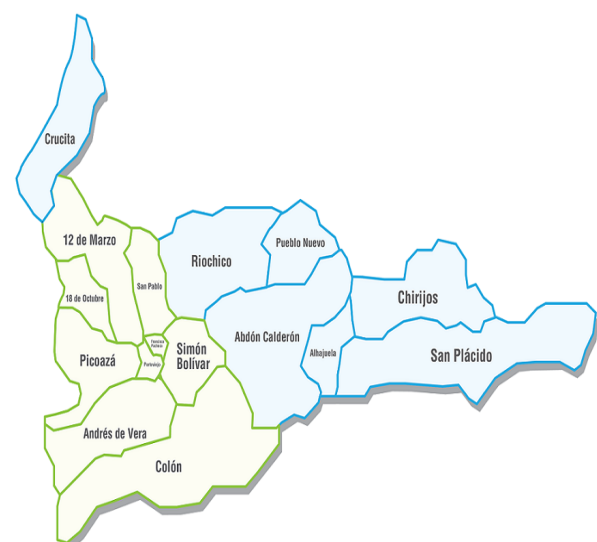
Con el propósito de lograr el objetivo de investigación, determinar el efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en graneros construidos con diferentes tipos de materiales, se aplicó el siguiente diseño metodológico.

Localización del área de estudio

La investigación se desarrolló en la comunidad de Mapasingue, localizada en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia Manabí, Ecuador, localizada en las coordenadas geográficas 1°03'16.5" de latitud Sur y 80°27'16.0" de longitud Oeste.

Figura 1

Mapa de la comunidad



Nota. Tomado de Alcívar et al., (2021)

Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación, las variables de estudio fueron tratadas en condiciones de laboratorio empleando maquetas experimentales que simularon dos graneros con diferentes materiales como la madera, metal y cubiertas metálicas, una en condiciones de control y la otra de tratamiento.

El diseño del prototipo fue realizado en el programa Sap 22, 1.0 cuyas dimensiones reales fueron de 6m x10m y 3m de ancho, y construidos a una escala de 1 metro igual a 10 cm.

Se empleó una muestra de 46 Kg de maíz sembrados en la comunidad de Mapasingue, tanto para los prototipos de control como para los de tratamiento, almacenados durante 45 días, los cuales no fueron tratados previamente, tal como lo hacen los agricultores de la comunidad.

Las variables aplicadas fueron el comportamiento de la humedad, temperatura y calidad de los granos de maíz, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Especificaciones del experimento

Experimento	Cantidad (Kg)	T (°C)	Hg (%)
Control (C1)	46	23	18
Tratamiento (T1)	46	19	13.5

Análisis de la conservación de los granos

Posterior al almacenamiento de los granos (tanto para el control, como para el tratamiento) fueron desarrolladas evaluaciones consecutivas durante 60 días, con el fin de valorar el estado de conservación del grano para las condiciones del control y el tratamiento.

Temperatura:

Para la evaluación de esta variable, fueron utilizados para cada recipiente se medirá la temperatura de los granos con el Termómetros y medidor de humedad para granos de maíz, donde

se obtuvieron datos de los dos graneros, a una distancia proporcional al diseño. Para determinar la temperatura diaria experimental en el control y en el tratamiento, se utilizó la ecuación elaborada a partir de FAO:

$$T_{recp.} = (\Sigma [s/n]) \quad (1)$$

D o n d e :
Trecp- Temperatura en el recipiente

S- sensores

N- número de sensores

Humedad relativa del grano:

Para evaluarla se realizó un análisis de laboratorio, a partir de un muestreo diario donde se seleccionó 1 lb de granos de maíz de la parte media de cada recipiente (control y tratamiento), la cual fue medida en un medidor de humedad del grano, obteniendo los valores diarios de esta variable.

Porcentaje de granos dañados:

A modo de evaluar el efecto que las variables anteriores ejercen sobre la calidad de los granos almacenados, se estimó el porcentaje de daño de estos, utilizándose para ello 1 000 granos de las muestras colectadas del control y del tratamiento. Posteriormente, las muestras fueron depositadas en bolsas de nylon con cierre hermético, debidamente identificadas; se sometieron a métodos de conteo y pesaje para el control de las unidades sanas y defectuosas en cada una de las muestras, en función de los siguientes pasos:

Se esparció las muestras sobre el tablero de 1 000 agujeros colocando en cada agujero uno grano.

Se observó cada grano, efectuándose una separación en dos grupos de las muestras, consiguiendo determinar de esta forma, los granos dañados y los granos sanos. (empleando la Técnica de los 5 sentidos).

En el caso de los granos dañados y los granos sanos, fueron pesados con una balanza analítica y contados de manera manual.

Se realizó la trazabilidad respectiva de cada una de las variables estimadas.

Tecnología utilizada para tratamiento y control

Tabla 2

Tecnología empleada para control y medición de humedad en granos

#	Equipos	Especificaciones técnicas	Aplicación
	Sensor de humedad	PCE-A-315	Para control de humedad en granos
1	Termómetro e Higrometro (medidor de humedad)	Microprocessor MC -7821	Para medir la humedad y temperatura en granos de maíz
1	Balanza digital analítica	Denver (Instrumento máx. 600 g d=0,01 g, error 0,001 g)	Para el pesaje de granos
1	Tablero de 1 000 agujeros	Fabricado en madera	Para colocación en cada agujero de un grano
2	Prototipos de granero	Construidos con 2 tipos de materiales diferentes	Uno para control y tratamiento
100	Fundas		Para la trazabilidad de los granos en la etapa de experimentación
3	Marcadores		Para la trazabilidad de los granos en la etapa de experimentación

Diseño de los prototipos de granero empleados para tratamiento y control de las variables temperatura y humedad de los granos de maíz

La combinación de dos tipos de materiales, clasificados como T1 y C1 que permitieron comparar y realizar un seguimiento relacionado con los materiales utilizados y las variables en análisis aplicado metodología directa de conservación de los granos de maíz.

Tabla 3

Materiales de construcción de los prototipos de graneros

Experimento	Material de las paredes	Material de la cubierta
Tratamiento (T1)	Madera y fibra de vidrio (Fiberglass)	Metal con perfiles
Control (C1)	Madera	Metal

Descripción del prototipo a emplearse

Los prototipos fueron diseñados con medidas iguales a una misma escala, empleando un software, tal como se observa en la tabla 4.

Tabla 4

Dimensiones del granero y especificaciones de los materiales

Dimensiones del granero	6 x 10 y 3 metros de ancho a escala real
Escala de la maqueta	1m = 10 cm
Programa utilizado	Sap22, 1.0
Columnas O	200x200x10mm
Armaduras c	150x50x4 mm
Correas c=	100x50x50 mm
Techo	dura techo

Figura 2

Diseño de la construcción del granero con diferentes materiales



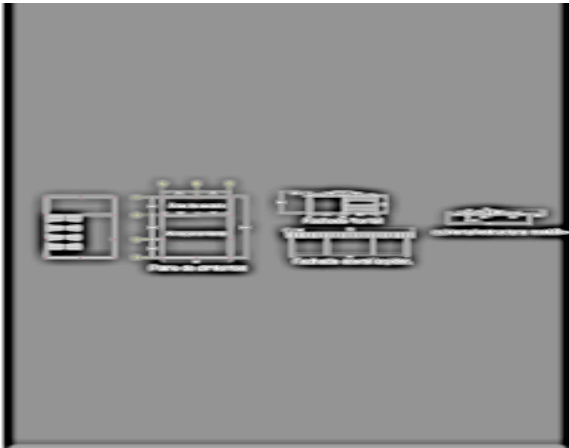


Figura 3

Diseño de prototipos con diferentes materiales

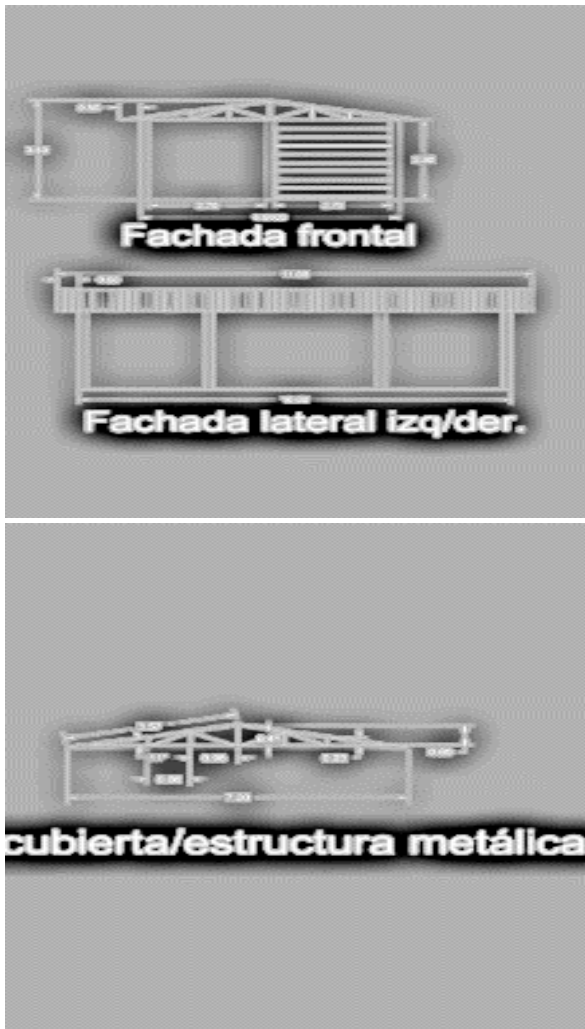


Figura 4

Prototipo de granero

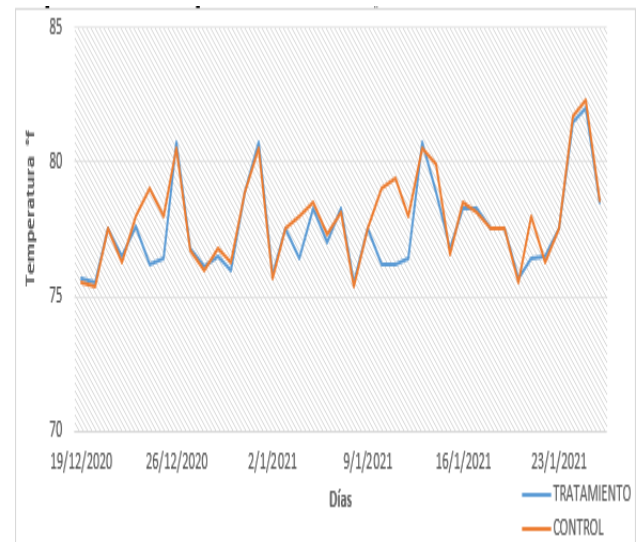


Resultados y Discusión

Una vez construidos los prototipos se procedió con la realización de la experimentación obteniendo los resultados de la figura 5.

Figura 5

Comportamiento de la temperatura durante 45 días



Como se observa en la figura 2, tanto en el tratamiento, como en el control, la temperatura se mantuvo constante, observándose un aumento en el mes de enero de 3 a 4°C, debido al aumento de la temperatura ambiental de la época invernal. La temperatura mínima media fue 76 °F (24,44°C

y la máxima media de 81°F (27,22°C) en el mes de enero del 2021. La temperatura de secado del grano en el tratamiento fue de 23°C considerando la temperatura y humedad del medio donde se desarrolló el experimento a fin de mejorar y mantener la calidad de los granos almacenados.

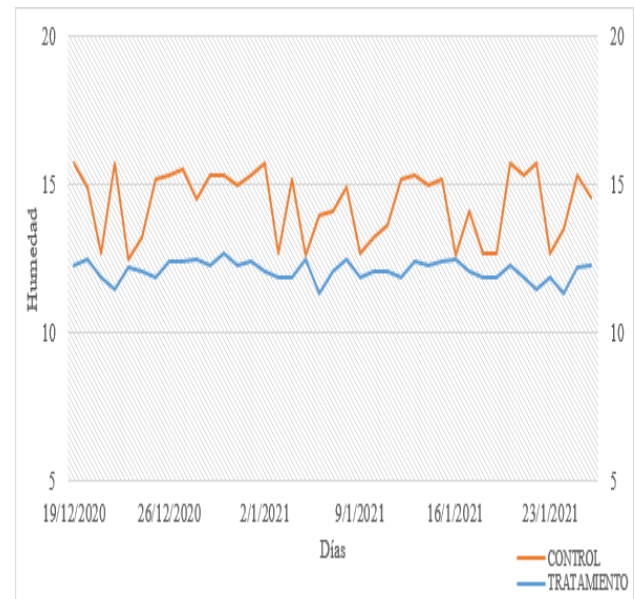
El secado del grano a temperaturas bajas da por lo general un grano de mejor calidad que cuando se utilizan temperaturas altas (Bernadette & y Bartosik, 2013). También se deben usar temperaturas bajas para secar el grano muy húmedo. Es mejor tardarse un poco más y usar temperaturas no muy altas para secar el grano, que correr el riesgo de dañar o quemar el grano (Rodríguez, Ávila, Gámez, De la O, & Gámez, 2018).

Ya que el proceso de secado es capaz de mejorar la calidad el almacenamiento prolongado de los granos, es necesario contar con una temperatura de secado estable, previa a la conservación de los granos, pues estos son “organismos vivos y deben estar sanos, sin daños mecánicos y limpios, para tener mayor posibilidad de mantener su calidad durante el almacenamiento” (Blanco, Durañona, & Acosta, The effect of temperature and humidity on maize grains conservation in metal silos, 2016).

En la figura 6 se puede visualizar los resultados obtenidos de la variable, comportamiento de la humedad.

Figura 6

Comportamiento de la humedad durante 45 días



De acuerdo con lo observado en la figura 3, el porcentaje de humedad del tratamiento fue del 12 al 13% mientras que del control fue de 13 al 15%, teniéndose que los porcentajes de humedad del tratamiento son menores que los del control.

En función a estos resultados, (Vásquez, y otros, 2018) señalan que, en el maíz, para su almacenamiento sea seguro se debe evitar que el grano tenga un contenido de humedad en equilibrio mayor del 14%. Para zonas costeras con altas humedades relativas es recomendable secar el grano rápidamente después de su madurez en plataformas o pisos. Si esto no es posible, debido a las condiciones climáticas, entonces se tendrá que utilizar una forma de secado artificial (Eyhérabide, 2010).

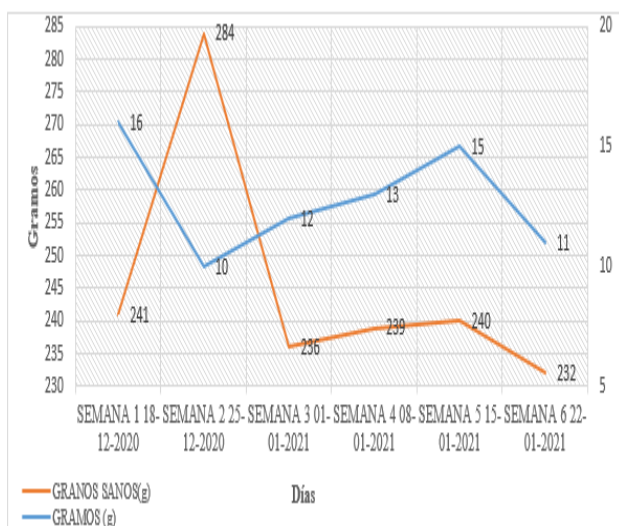
Siendo así, una humedad por encima del 24% trae como consecuencia la germinación y la aparición de hongos, lo cual daría al traste a la pérdida de una parte o la masa total del grano guardado en silos. Un sistema de secado previo al almacenaje de los granos en los silos, permite eliminar la humedad excesiva de los granos en un corto plazo y asegurar la conservación de los granos, logrando además el control de

la temperatura del granel y un enfriamiento uniforme del silo. Por ello, el secado produce la principal transformación del grano en la postcosecha y a su vez es el procedimiento que más atención requiere para no afectar la calidad de los granos (Hernández, Rodríguez, & Niño, 2009).

En la figura 7 se detalla el comportamiento de los granos dañados y sanos por gramo.

Figura 7

Tratamiento de granos dañados y sanos por gramo



De acuerdo con la figura 4, para el maíz almacenado en silo convencional sin aireación, con 2 contenidos de humedad (15 y 18%) y 3 temperaturas iniciales (15, 20 y 25°C) como se incrementa la pérdida de materia seca (MS) con el transcurso de los 6 días hasta que al superar el 0.5% de pérdida de MS que se podría traducir como la baja en un punto del peso hectolítrico y posteriormente el grano queda completamente deteriorado. Ambos factores, sobre todo la humedad, condicionan las pérdidas, al punto tal que el grano pierde su identidad como tal con un CH del 18 % a 20% y 25% en un corto plazo de tiempo (Cardoso, Rodríguez, De la Torre, & Casini, 2016).

La humedad inicial en el tratamiento fue de 13.5%, misma que se redujo del 12 al 13% que permitió que el grano almacenado no se deteriore y mantenga la materia seca por el tiempo que duró el experimento y de esta forma reducir el índice de granos dañados.

Cuando el contenido de humedad aumenta, también lo hace el espacio de aire entre los granos almacenados, lo que contribuye a una mayor resistencia del flujo de aire a través del grano. En este sentido se ha demostrado que la migración de la humedad del grano prevalece, por lo cual se requiere de mayor tiempo para que el contenido de agua en el grano comience a estabilizarse, por el efecto del movimiento de aire intersticial.

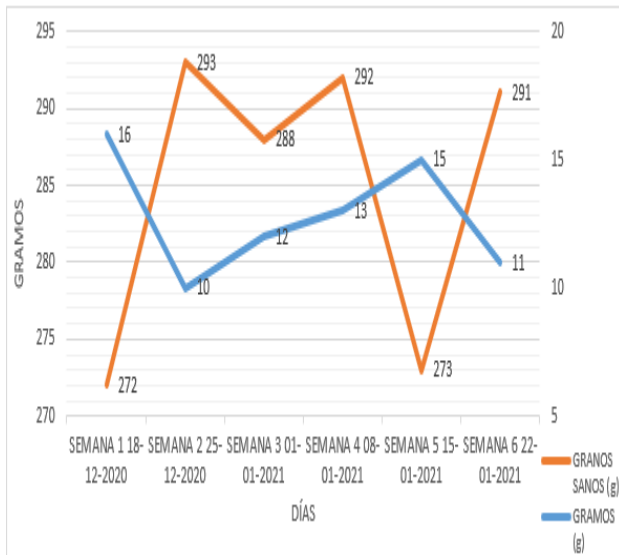
El hecho de que el grano absorba oxígeno del aire y consuma carbohidratos de su estructura, liberando calor; provoca una respiración más rápida ya que el grano está caliente y húmedo, lo que hace que los cambios de temperatura provoquen modificaciones que intensifican las variaciones de la humedad relativa del grano. De esta manera, se modifica el equilibrio de aireación, lo que conlleva a un aumento en las posibilidades de una mayor humedad del grano (Caviedes, Carvajal, & Zambrano, 2022).

la relación humedad-temperatura es inversamente proporcional, así como el hecho de que en condiciones de los SMR esta relación se convierte en directa debido al aumento de la humedad dentro de la masa de granos que ocurre en el SMR; esto provoca un aumento de la temperatura producto a la interacción entre los granos y el poco espacio que tienen para respirar (Meneghello, 2017). Por ello, la transferencia de calor de un grano a otro provoca un aumento de la temperatura, lo que en determinadas condiciones induce una afectación del SMR de forma general (JGuamán, Desiderio, Villavicencio, Ulloa, & Romero, 2020).

En la figura 8 se puede observar los resultados del control de los granos dañados y sanos por gramo de peso.

Figura 8

Control de granos dañados y sanos por gramo



Tal como se puede notar en la figura 5, en la fase de control, la máxima de granos sanos se produce en la semana 2 (293 granos en 10g de maíz), a diferencia de la etapa de tratamiento, en que en la semana 2 se obtienen 284 granos sanos en 10g de maíz, siendo el mayor número obtenido.

El comportamiento de la temperatura de los granos almacenados fluctuó entre 23 a 28 °C siendo los valores superiores las semanas 2 y 3 de enero de 2021, donde fue necesario disminuir la temperatura adecuando el local para reducir el índice de factores influyentes en el deterioro de los granos.

En concordancia con los resultados, los productos almacenados en los silos no deben tener puntos inferiores a 15°C, debido a que ello produce la cristalización del grano y afecta su molido; ni mayores a 20°C; en este rango el maíz queda vulnerable a la aparición de plagas; lo óptimo es mantener la temperatura de todos los puntos del grano entre estos valores y el promedio de temperatura del silo no debe sobrepasar los 17,5°C (Feitó, Martínez, Covas, & Barrera, 2015).

Estudios como el de Manuel et al., (2007) demostraron que el maíz almacenado en silos mantuvo los niveles más altos de calidad física y fisiológica durante nueve meses, y superó al guardado en los métodos tradicionales de almacenamiento como son la mazorca amontonada y tenate, los que permiten la conservación del maíz por un tiempo de hasta 3 meses, en condiciones relativamente aceptables el maíz, sin embargo, estos métodos convencionales no son los aconsejables para mantener el producto de la cosecha durante periodos más prolongados y para poder obtener una semilla de alta calidad física y fisiológica.

En comunidades campesinas como Mapasingue, la alternativa de almacenamiento de los granos de maíz en silos con un tratamiento previo indudablemente es la alternativa más conveniente para que puedan mantener su economía familiar y su seguridad alimentaria por el tiempo de 12 meses que debe esperarse hasta obtener una nueva cosecha del grano, después de la temporada invernal, debido a la escasez de agua para riego en esta comunidad rural.

Finalmente, en la tabla 3, se puede apreciar el total de granos dañados, en unidades, gramos y porcentajes, tanto en control como en tratamiento.

Tabla 3

Total de granos dañados

Total de granos dañados	Control	Tratamiento
Total en unidades	350	254
Total en gramos	77	37
Total en porcentaje	35	25,4

Como puede verse en la tabla 3, en la variable porcentaje de granos dañados, para evaluar el efecto que las variables humedad y temperatura ejercen sobre la calidad de los granos almacenados, se estimó el porcentaje de daño de los mismos, utilizando para esto 1 000 granos en cada muestra semanal colectada, del control y el tratamiento, cuyos resultados fueron los siguientes; en la variable control se recibió 350 granos dañados mientras que en el tratamiento

fue de 254 granos dañados, que corresponde a una diferencia de 40g.

La diferencia entre los granos dañados del tratamiento y control es el 9,6% siendo positivo y rentable el tratamiento realizado, que permitió reducir el número de daños de los granos al hacer un manejo adecuado de proceso de postcosecha, previo a su almacenamiento.

A partir del total de granos determinados para cada caso (control y el tratamiento) y considerando la cantidad total de la muestra de 46 kilogramos de maíz, fue multiplicado por el costo de 16 dólares (precio estimado en el mercado ecuatoriano) valor que varía dependiendo de la humedad que presente el grano en el momento de su comercialización. El costo de los granos de maíz dañados en el experimento fue de \$4,81 dólares

Contar con granos secos para el almacenamiento en silos se ha constituido en un factor decisivo para la calidad del mismo, considerando que tanto la temperatura como la humedad dentro del silo afectan directamente al contenido de humedad del grano (Manuel, Gil, Ramírez, Hernández, & Bellon, 2007), es decir que, mientras más seco estén los granos en el momento del almacenaje, los granos dañados por humedad disminuirán considerablemente, aunque sean desfavorables otros factores físicos del grano (Ferraz, Permuy, & Acosta, 2013).

Conclusiones

Como producto del análisis efectuado al comportamiento y calidad de los granos de maíz almacenados en graneros construidos con diversos materiales, se consiguió demostrar que, tanto en el tratamiento como en el control, la variable de humedad afecta directamente la calidad de los granos cuando no han sido tratados, lo que no sucede cuando se le proporciona un tratamiento previo al almacenamiento en los graneros.

Aunque la variable temperatura permaneció constante tanto en el tratamiento como en el control, ambas variables, temperatura

y humedad, afectaron directamente la calidad de los granos de maíz en la etapa de control, haciendo que los granos dañados sean mayores a los del tratamiento.

En tal sentido, se precisa que, para conservar los granos en su estado natural con el mínimo de cambios y pérdidas es necesario controlar la temperatura, la humedad relativa efectuando adecuaciones en el lugar donde se ubican los graneros.

Los análisis efectuados reafirman la importancia de efectuar un pretratamiento a los granos antes de ser almacenados en granero construidos de madera y metal, por tal razón, es necesario continuar realizando estudios para realizar prototipados con otros materiales de construcción de graneros.

Referencias Bibliográficas

- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2>
- Alcívar, J., Giler, L., Sancán, D., & Menoscal, G. (2021). The monoculture of corn (*zea mayz*) and its impact on fertility soil. *International Journal of Chemical & Material Sciences*, 4(1), 7-12. doi:<https://doi.org/10.31295/ijcms.v4n1.1649>
- Bernadette, A., & y Bartosik, R. (2013). Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos. INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_buenas_practicas_en_poscosecha_de_granos_reglon_48-2.pdf
- Blanco, Y., & y Leyva, Á. (2010). “Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*,L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 31(2), 11-17. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200002

- Blanco, Y., Durañona, H., & Acosta, R. (2016). The effect of temperature and humidity on maize grains conservation in metal silos. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 105-114. doi:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13900.21127>
- Cardoso, M., Rodríguez, J., De la Torre, D., & Casini, C. (2016). Poscosecha campaña 2015/2016: Almacenamiento de Soja y Maíz, en un contexto de alta humedad. INTA. Obtenido de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/intaalmacenamiento-de-soja-y-maiz-en-un-contexto-de-alta-humedad.pdf>
- Caviedes, M., Carvajal, F., & Zambrano, J. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (Zea mays. L) en Ecuador. *ACI Avances en ciencias e ingenierías*, 14(1), 1-21. doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Corcuera, V., Salmoral, E., Pennisi, M., Kandus, M., & Salerno, J. (2016). Análisis composicional cuanti-cualitativo de los macronutrientes del grano de híbridos de maíz con valor mejorado (VEC) desarrollados para la industria alimentaria argentina. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ*. 3 (2), 37-51. Obtenido de http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2016/06/Corcuera_et_al.pdf
- Eyhéabide, G. (2010). Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
- FAO. (07 de abril de 2023). fao.org. Obtenido de El comercio mundial de cereales en 2022/23 se sigue revisando a la baja; el pronóstico sobre la producción mundial de trigo en 2023 aumenta ligeramente respecto del mes pasado: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Feitó, M., Martínez, G., Covas, D., & Barrera, A. (2015). Control de la temperatura para la prevención de plagas poscosecha en la conservación de granos. *Ingeniería y Desarrollo*, 33(2), 216-237. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85241628005.pdf>
- Ferraz, Y., Permuy, N., & Acosta, R. (2013). Evaluación de accesiones de maíz (Zea mays, L.) en condiciones de sequía en dos zonas edafoclimáticas del municipio Gibara, provincia Holguín. Evaluación morfoagronómica y estudios de la Interacción genotipo x ambiente. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 24-30. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr04413.pdf>
- Hernández, C., Rodríguez, Y., & Niño, Z. y. (2009). Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (Zea mays) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Información Tecnológica*, 20(4), 21-30. doi:<http://doi.org/10.4067/S0718-07642009000400004>
- Loayza, L. (2020). Comportamiento morfológico y agronómico de diferentes cultivares de maíz. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16139/1/TTUACA-2020-IA-DE00022.pdf>
- Macías, T. (2021). Una visión ancestral a los saberes montuvios de la campina manabita. *Experiencias, parte I*. Portoviejo: Grupo Compas. Obtenido de <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/725>
- Manuel, I., Gil, A. ..., Ramírez, V., Hernández, H., & Bellon, M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 69-78. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030109.pdf>
- Meneghello, G. (27 de marzo de 2017). Control de temperatura y humedad del grano almacenado. Obtenido de elproductor.com: <https://elproductor.com/2017/03/control-de-temperatura-y-humedad-del-grano-almacenado/>
- Paliwal, R. (12 de Enero de 2023). Introduccion al maiz y su importancia. Obtenido de

fao.org: <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s02.htm>

Rodríguez, J., Ávila, M., Gámez, F., De la O, M., & Gámez, A. (2018). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41 (1), 31 - 37. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v41n1/0187-7380-rfm-41-01-31.pdf>

Sánchez, I., & y Pérez, E. (2014). Maíz I (Zea mays). *Reduca (Biología). Serie Botánica*. 7 (2), 151-171. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>

Vásquez, M., Preciado, R., Santiago, D., Palacios, N., Terrón, A., & Hernández, A. (2018). Estabilidad del rendimiento y calidad del grano y tortilla de nuevos híbridos de maíz con valor agregado para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4A), 509-518. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v41n4a/0187-7380-rfm-41-4a-509.pdf>

Zambrano, C., & y Andrade, M. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post COVID-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143-150. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-143.pdf>