

Agrisost|Vol. 30, enero-diciembre 2024: 1-9

ISSN-e: 1025-0247

Comportamiento de parámetros de calidad en semillas de *Cucurbita pepo* L. var. INIVIT C-2000 post almacenamiento

Onelkis Fuentes Miranda¹, Belyani Vargas Batis², José Antonio Bourzac Torres³, Omar Orlando García Enamorado⁴, Clara Arlenys Hechavarría Bandera⁵, Osmar Segura Reyes⁶, Eliane García Martínez⁷ & Betsi Beatriz Pacheco Jimenez⁸

¹ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0609-340X>, Unidad Empresarial de Base Café, Empresa Agroforestal Guamá, Santiago de Cuba, Cuba, ²ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6698-1281>, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, ³ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8242-4285>, Universidad de Oriente, Grupo Científico Estudiantil de Gestión Ambiental de Ecosistemas Agrícolas, Santiago de Cuba, Cuba, ⁴ORCID <https://orcid.org/0009-0002-6200-9038>, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía, Santiago de Cuba, Cuba, ⁵ORCID <https://orcid.org/0009-0009-9981-6221>, Empresa Agroindustrial San Luis, Santiago de Cuba, Cuba, ⁶ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0844-6093>, Universidad de Oriente, Grupo Científico Estudiantil de Gestión Ambiental de Ecosistemas Agrícolas, Santiago de Cuba, Cuba, ⁷ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1300-5348>, Empresa Agroindustrial América Libre, Contramaestre, Santiago de Cuba, Cuba, ⁸ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7025-7130>, Cooperativa Guido Pérez, Municipio Cotorro, La Habana, Cuba.

Citación: Fuentes Miranda, O., Vargas Batis, B., Bourzac Torres, J. A., García Enamorado, O. O., Hechavarría Bandera, C. A., Segura Reyes, O., García Martínez, E., & Pacheco Jimenez, B. B. (2024). Comportamiento de parámetros de calidad en semillas de *Cucurbita pepo* L. var. INIVIT C-2000 post almacenamiento. *Agrisost*, 30, 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14502218>

Recibido: 2 abril 2024

Aceptado: 5 diciembre 2024

Publicado: 16 diciembre 2024

Financiamiento: No se declara.

Conflictos de interés: No se declaran.

Correo electrónico:fuentesonelkis57@gmail.com, belyani@uo.edu.cu, vargasbatizbelyanis@gmail.com

Resumen

Contexto: Las semillas constituyen el material de partida para la producción agrícola, sin embargo, son insuficientes los estudios sobre los parámetros de calidad una vez que han sido sometidas a prolongados periodos de almacenamiento.

Objetivo: Determinar el comportamiento de las características físicas, viabilidad y capacidad germinativa de semillas de *Cucurbita pepo* L. var. INIVIT C-2000 post almacenamiento.

Métodos: Se describieron las características físicas (pubescencia, presencia de estrías, forma, color, tamaño), capacidad de imbibición (por diferencia entre peso húmedo y peso seco) y la viabilidad por el método indicador con cloruro de trifetil-tetrazolium al 0,5 %. Luego se desarrolló una prueba de germinación bajo condiciones controladas con dos grupos de semillas donde se evaluó porcentaje de germinación, uniformidad de germinación, velocidad media de germinación, vigor germinativo y tiempo para alcanzar el 50 % de germinación.

Resultados: El color, la forma y la superficie, son características poco variables en esta especie y la uniformidad para el peso de las semillas evidenció capacidad de imbibición. La suma de los embriones dudosos (18) y los no viables (36) agruparon la mayor cantidad, indicativo de una pérdida de la viabilidad. Los parámetros de la calidad fisiológica evaluados mostraron porcentajes inferiores al 88 %, ello hace pensar que, desde la adquisición, las semillas mostraban cierto deterioro de sus propiedades germinativas.

Conclusiones: Se mantiene la calidad física de las semillas y su capacidad de imbibición, sin embargo, se evidenció una pérdida progresiva de la capacidad de germinación, indicativo de una disminución de la calidad fisiológica.

Palabras clave: *calidad, germinación, imbibición, vigor germinativo.*

Behavior of quality parameters in seeds of *Cucurbita pepo* L. var. INIVIT C-2000 post storage

Abstract

Context: Seeds constitute the starting material for agricultural production, however, studies on quality parameters are insufficient once they have been subjected to prolonged storage periods.

Objective: To determine the behavior of the physical characteristics, viability and germination capacity of *Cucurbita pepo* L. var seeds. INIVIT C-2000 post storage.

Methods: The physical characteristics (pubescence, presence of striae, shape, color, size), imbibition capacity (by difference between wet weight and dry weight) and viability were described by the indicator method with 0.5% triphenyl-tetrazolium chloride. Then a germination test was developed under controlled conditions with two groups of seeds where percentage of germination, germination uniformity, average germination speed, germination vigor and time to reach 50% germination were evaluated.

Results: The color, shape and surface are little variable characteristics in this species and the uniformity for the weight of the seeds showed imbibition capacity. The sum of doubtful embryos (18) and non-viable embryos (36) grouped together the greatest number, indicative of a loss of viability. The physiological quality parameters evaluated showed percentages lower than 88%, which suggests that, since acquisition, the seeds showed some deterioration in their germination properties.

Conclusions: The physical quality of the seeds and their imbibition capacity are maintained, however, a progressive loss of germination capacity was evident, indicative of a decrease in physiological quality.

Key words: *quality, germination, imbibition, germination vigor*

Introducción

Desde el punto de vista botánico la semilla constituye el reservorio de la vida, transmitiendo los caracteres que darán continuidad a la especie. Es considerada el material de partida para la producción, por lo que, tener en cuenta su calidad es de vital importancia (Perelmuter, 2021). Se define como calidad de semilla a un conjunto de características deseables; comprende varios atributos que refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse (Farrás, 2020).

De acuerdo con Sánchez et al. (2023), la calidad de una semilla está asociada fundamentalmente con la capacidad de germinación y el vigor germinativo. Por tanto, las semillas producidas con un sistema de control de calidad o de certificación son superiores debido a que son de variedades mejoradas, tienen pureza varietal, no están mezcladas con semillas de malezas ni de otros cultivos y su vigor, germinación y sanidad son elevados (Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y AfricaSeeds, 2019).

En la producción de semillas de buena calidad, según FAO y AfricaSeeds (2019), repercuten diferentes factores como los genéticos, los relacionados con las prácticas de producción y los ambientales. De ellos depende la calificación de las semillas, al ser un procedimiento de seguimiento y comprobación del conjunto de actividades que garantiza que las semillas se obtienen bajo métodos, procesos de producción, procesamiento y manejo postcosecha que aseguran su calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria (México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2023).

Dentro de los parámetros asociados a las semillas que brindan información para determinar su calidad, se encuentran germinación, apariencia y contenido de humedad (para semillas de propagación sexual); tipo de patrón y tipo de varetta (para frutales); apariencia y estado de brotación (para tubérculos) que son

especificaciones técnicas requeridas en una semilla (Ecuador. Ministro de Agricultura y Ganadería, 2023).

La calabaza (*Cucurbita pepo* L.) es originaria de Mesoamérica, existen alrededor de 800 tipos diferentes, pero solo 200 de ellas son comestibles (Ramírez et al., 2021). Es una hortaliza de gran relevancia económica y social (Alvarado et al., 2021). Además, es importante señalar que se usa en una amplia variedad de productos gastronómicos entre los cuales se encuentran los dulces, cremas, aceites, semillas tostadas, conservas, mermeladas y encurtidos (Pérez et al., 2021). Sus propiedades nutricionales (rica en fibra, carbohidratos, potasio) son un atractivo que la hace indispensable dentro de una dieta equilibrada. También contiene calcio, magnesio, vitamina A, C y es un antioxidante por lo que previene el envejecimiento celular y, además, es un precursor de la vitamina A (Aguilar et al., 2022).

Las semillas de *C. pepo* contienen valiosos nutrientes funcionales, los cuales sirven como los principales metabolitos que sustentan la vida, pues desempeñan un papel clave en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud en los seres humanos. Elementos como el zinc, fósforo, magnesio, potasio y selenio que se encuentran contenidos en las semillas de este cultivo, las convierten en una potencia nutricional y una fuente prometedora para la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (Ochoa, 2023).

A pesar de ello, existen diversos factores que influyen y limitan la productividad de este cultivo, como es el bajo contenido de nutrientes en los suelos agrícolas (Aguilar et al., 2022), la erosión genética de las variedades comerciales, severas afectaciones por plagas y la calidad de la semilla como una de las situaciones que más repercute en la productividad de esta especie (Varona et al., 2014).

Este es un cultivo de relevancia en la dieta de los seres humanos, sin embargo, la obtención de producciones más destacadas, esta sesgada por la

pérdida de los parámetros de calidad de las semillas, sobre todo cuando estas han sido sometidas a períodos prolongados de almacenamiento que no siempre cumplen con las condiciones requeridas. A pesar de lo planteado, son escasos los estudios que se realizan para determinar la calidad de las semillas de este cultivo luego del almacenamiento.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el comportamiento de las características físicas, viabilidad y capacidad germinativa de semillas de *Cucurbita pepo* L. var. INIVIT C-2000 post almacenamiento.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el Departamento de Agronomía y en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) ambos pertenecientes a la Universidad de Oriente en el período comprendido de julio de 2023 a marzo de 2024. El procedimiento empleado en cada etapa se describe a continuación.

Se tomó un total de 120 semillas de *C. pepo* variedad INIVIT C-2000. Las mismas estuvieron almacenadas en frascos de cristal color ámbar a temperatura ambiente (28 ± 3 °C). Se dividieron en tres grupos con 40 semillas cada uno y como primer paso, se procedió a la determinación de sus características cualitativas.

Para la forma y características de la cubierta seminal, se utilizó la terminología, así como, el modelo de formas adoptado por Bravato (1974). Para el color, se empleó la carta de colores "Methuen Handbook of Colour" de Kornerup et al. (1978). Se midió el diámetro ecuatorial (mm). Las observaciones se efectuaron con el empleo de un microscopio estereoscópico UTA TECHNIC (China) en una resolución 1X.

A las semillas de cada grupo se le realizó un primer pesaje para la determinación del peso seco. Luego fueron colocadas por 12 horas, en vasos de precipitado que contenían 100 mL con agua destilada en condiciones de iluminación natural (con una frecuencia de 9 horas luz y 15 horas de oscuridad). Transcurrido el tiempo señalado, se decantó el líquido y se realizó un segundo pesaje para determinar el peso húmedo. Se empleó una balanza analítica SARTORIUS modelo BSA124S (China). Con estos datos se determinó el contenido de humedad.

Para comprobar la viabilidad de las semillas, se realizó una tinción con cloruro de trifenil-tetrazolium (tetrazolio), según Aveling (2014). De las 120 semillas embebidas se escogió un total de 100 y se efectuó la escarificación mecánica de la cubierta seminal con el empleo de una hoja de bisturí estéril No. 12, para exponer el embrión. Acto seguido se colocaron en vasos de precipitado con capacidad de

100 mL y se le adicionó la disolución de tetrazolio al 0,5 % hasta que cubrieron las semillas y se ubicaron por 60 minutos en estufa MEMMERT-UN30 (Alemania) en ausencia de luz y a una temperatura de 40 °C. Luego las semillas fueron lavadas tres veces de manera sucesiva con agua destilada para retirar el exceso de colorante.

Con la ayuda del estereoscopio (igual al utilizado en la caracterización) pero a una resolución de 2X, se observaron las partes coloreadas para la clasificación de la viabilidad de las semillas. Para la interpretación de los patrones de tinción (Tabla 1), se utilizaron las categorías recomendadas por Rao et al. (2007).

Tabla 1. Aspectos para la clasificación de las semillas según la tinción del embrión

Categorías	Descripción	Aspectos a observar
Categoría 1	Semillas viables	a) embrión y endospermo completamente teñidos b) necrosis superficial en la mitad del endospermo, principalmente en las partes alejadas del embrión c) áreas no teñidas (muertas) en el endospermo, en lugares opuestos a la radícula
Categoría 2	Semillas no viables	a) embrión y el endospermo sin teñir (muertas) b) embrión sin teñir, aunque el endospermo estuviera teñido c) necrosis aguda en el embrión d) embrión teñido y endospermo sin teñir e) necrosis en la punta de la radícula f) daños graves en más de la mitad de las partes esenciales de la semilla
Categoría 3	Semillas dudosas	En esta categoría se incluyen las semillas con menos de la mitad teñida y partes esenciales sanas

En la evaluación de los parámetros relacionados con la capacidad germinativa de *C. pepo*, inicialmente se realizó una prueba de germinación en condiciones semicontroladas (Temperatura: 29 °C; Humedad relativa: 64,8; Luminosidad: 700 lux; Concentración de CO₂: 538 ppm obtenidas por medio de un Weather Monitor TNHY-6, China) con un grupo de semillas recién adquiridas para establecerlas como patrón de comparación que fue denominado Grupo 1.

Se empleó un total de 21 semillas de la misma especie y variedad que las utilizadas en la prueba de viabilidad. Estas fueron divididas en tres grupos (con siete semillas cada uno) y se utilizaron placas de Petri de 5 cm diámetro esterilizadas con alcohol al 90 % y tapizadas con algodón que luego fue humedecido con agua destilada. Las placas fueron rotuladas para diferenciar las tres réplicas donde se colocaron a razón de siete semillas por placa.

A los ocho meses se realizó la prueba a otro grupo de semillas (Grupo 2). Se efectuó una prueba de germinación en condiciones semicontroladas (iguales a las del grupo anterior) a 102 semillas de la misma especie y variedad que las utilizadas en el Grupo 1. Se dividieron en tres grupos (con 34 semillas cada uno) y se utilizaron placas de Petri de 10 cm diámetro.

Se comenzó a evaluar el número de semillas germinadas a partir de las 24 horas de montado el bioensayo. Cuando este número fue constante, que se alcanzó al séptimo día, se evaluaron los demás parámetros germinativos según las fórmulas de Restrepo (2004) y Ceritoglu et al. (2023), que se muestran a continuación.

$$MGT = (T1N1 + T2N2 + \dots TnNn)/N$$

Donde:
 MGT: tiempo medio de germinación
 Tn: número de días transcurridos desde el inicio de la germinación
 Nn: número de semillas germinadas en el día n
 N: número total de semillas germinadas

$$VG = VM * GDM$$

Donde:
 VG: vigor germinativo
 VM: valor máximo
 GDM: Germinación media diaria

$$GP(\%) = \left(\frac{G7}{N}\right) \times 100$$

Donde:
 GP: Porcentaje de germinación
 G7: número total de semillas que germinaron al séptimo día
 N: número total de semillas

$$GI = \sum Gt/t$$

Donde:
 GI: índice de germinación
 Gt: número de semillas que germinaron en el tiempo

t: tiempo transcurrido entre el montaje del bioensayo y el día de conteo

$$UG = GP/MGT$$

Donde:
 UG: uniformidad de germinación
 GP: porcentaje de germinación
 MGT: tiempo medio de germinación

$$GR = \sum yxN / \sum yxT$$

Donde:
 GR: tasa de germinación
 x: primer día de evaluación
 y: último día de evaluación
 N: total de semillas
 T: número de días del experimento

$$GE = G1/N \times 100$$

Donde:
 GE: energía germinativa
 G1: número de semillas germinadas
 N: total de semillas

Resultados y discusión

Las semillas de *C. pepo* var. INIVIT C-2000 se caracterizan por tener una cubierta seminal con abundante presencia de pubescencia con aspecto cristalino, más numerosa en los bordes de las semillas, cerca de los cuales hay una hendidura. Superficie estriada con ligera presencia de surcos en la parte plana. Forma ovalada y extremos pocos pronunciados (uno de ellos terminado en punta). Su color varía entre el blanco y el amarillo pálido. Pueden alcanzar un tamaño promedio de 1,05 ± 0,008 mm (Fig. 1 A-E).

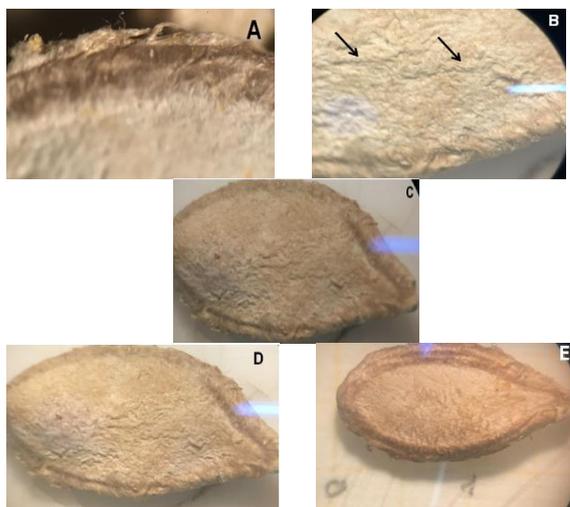


Fig. 1. Características descritas en las semillas de *C. pepo*. (A) pubescencia, (B) estrías, (C) forma, (D) color, (E) tamaño. Observadas en microscopio estereoscópico a una resolución 1X.

A la observación de las características descritas en las semillas, se le confiere una importancia vital. Constituyen un elemento a tomar como referencia para, en primera instancia, percibir el estado de la semilla en cuanto a calidad. Cuando las semillas no

muestran los parámetros descritos, es posible que exista un deterioro de su calidad en este cultivo.

Lo anterior evidencia que algunas de estas características son permanentes para *C. pepo*. Delgado (2022) refirió que las semillas de esta especie muestran un color amarillo o blanquecino, de forma oval-alargada y terminada en punta por un extremo. La superficie es lisa y presenta una hendidura paralela al borde de la semilla. Si se tienen en cuenta las características descritas y lo planteado por este autor, es posible que estas mismas hubieran sido las características de las semillas al momento de su adquisición, en el cual no fueron descritas.

Al respecto Magdaleno et al. (2020) plantearon que, el conocimiento de estas características, resulta valioso para las empresas productoras de semilla y para el agricultor. Indicadores como: el tamaño y forma de la semilla, el peso de mil semillas, color y daño ocasionado por organismos plaga, están relacionados directamente con la calidad física de la semilla.

Por su parte, el peso se comportó de manera similar en cada una de las réplicas, lo que parece indicar que la variedad presenta uniformidad para este carácter (Tabla 2). Un resultado similar se obtuvo cuando las semillas fueron pesadas luego de 12 horas en imbibición, donde se observó un aumento del peso en las tres réplicas respecto al peso seco. Ello es indicativo de un aumento en cuanto a la hidratación de la semilla, la cual también se mantuvo de manera similar para las tres réplicas.

Tabla 2. Peso y contenido de humedad de las semillas

Replicas	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Hidratación de la semilla
1	4,2394	7,8910	3,6516
2	4,1935	8,0931	3,8996
3	4,1360	7,7210	3,5850
\bar{X}	4,1896	7,9017	3,7121
DE	0,0423	0,1521	0,1354

Leyenda: \bar{X} : media muestral, DE: desviación estándar

Que las semillas mantengan la capacidad de absorber agua luego de estar almacenadas ocho meses, es importante. La imbibición es el primero de los pasos esenciales para una buena germinación. Esta capacidad de absorber agua ha sido tenida en cuenta por diversos autores (Escobar et al., 2021; Iguaran et al., 2023), desde diferentes enfoques como un indicador de la calidad fisiológica de las semillas, lo que se debe a que el agua juega un papel fundamental en la activación de las enzimas que intervienen en el proceso.

Otro aspecto asociado a la calidad de las semillas es la viabilidad del embrión. Como resultado de este análisis en respuesta a la tinción con cloruro de trifeníl-tetrazolium, se obtuvieron tres grupos de semillas (Fig. 2). Del total utilizado, el mayor grupo

estuvo representado para las semillas con embriones viables, le siguieron las no viables y finalmente se ubicaron las semillas con embriones dudosos.

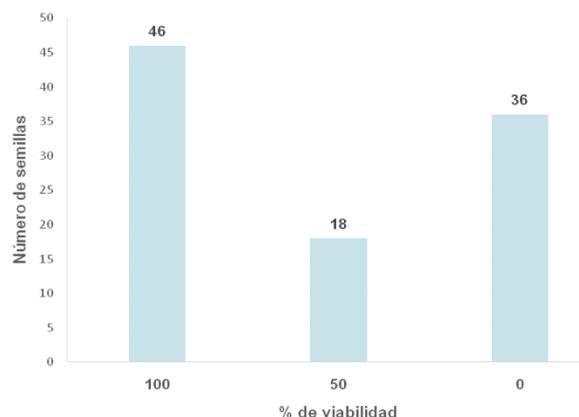


Fig. 2. Viabilidad de las semillas según el patrón de tinción alcanzado en respuesta al reactivo cloruro de trifeníl-tetrazolium.

Leyenda: 100 %: semillas viables, 50 %: semillas dudosas, 0 %: semillas no viables

Las semillas viables (Fig. 3A) mostraron la totalidad del embrión de un color rojo claro, indicativo de que el embrión, luego de un período de almacenamiento, se encontraba en condiciones para germinar. En cuanto a las dudosas (Fig. 3B) mostraron algunas partes coloreadas de rosado, lo que sugiere un deterioro progresivo del embrión y, por tanto, una pérdida de la capacidad germinativa de las semillas.

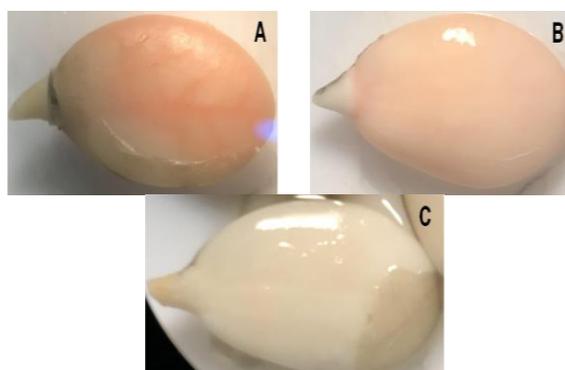


Fig. 3. Patrón de respuesta de las semillas de *C. pepo* al reactivo (A) viable, (B) dudosa, (C) no viable. Observadas en microscopio estereoscópico a una resolución 2X.

Las no viables (Fig. 3C), no respondieron a la tinción (color blanco), como evidencia de que el embrión había perdido completamente su capacidad de germinación.

Relacionado con la viabilidad Doria (2010) explicó que es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento. Álvarez et al. (2020) refirió que esta propiedad de las semillas no durmientes, tienen que ver con la capacidad que las

mismas tienen de germinar y dar origen a plántulas normales en condiciones ambientales favorables.

Manzo et al. (2022) señalaron que la viabilidad se puede conservar adecuadamente en condiciones controladas, debido a que la actividad metabólica del embrión se encuentra reducida; en lo cual pueden influir factores ambientales y genéticos. No obstante, la viabilidad tiende a disminuir con el tiempo, lo que puede afectar el rendimiento potencial máximo de las semillas. La viabilidad de semillas es un atributo que se ha estudiado mucho en cultivos con importancia económica y determina la posibilidad de una semilla para germinar. Desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener plantas de interés comercial si no se parte de una semilla de calidad; un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella.

En este punto es necesario explicar que, si se tiene en cuenta el total de semillas dudosas y no viables, se puede observar que son más las semillas que pueden presentar problemas en el proceso germinativo. A lo anterior se le une que las respuestas de los embriones a la tinción no fueron tan marcadas en el sentido de la tonalidad de colores, lo que dificultó en cierta medida la clasificación. Ello indica que, luego de un período, las semillas comienzan a perder su capacidad de germinación, lo que pudo estar influenciado, en este caso, por las condiciones de almacenamiento.

De lo planteado se entiende que la pérdida de la viabilidad como componente de la calidad fisiológica, va a tener una influencia negativa en el cultivo, por tanto, se precisa de métodos que permitan que las semillas puedan recuperar su calidad en alguno de los tres momentos fundamentales del proceso germinativo (imbibición, viabilidad, crecimiento del embrión).

Esa calidad fisiológica, está estrechamente relacionada con los parámetros de germinación. Al analizar cada uno de ellos, se pudo observar que los valores del Grupo 1 fueron inferiores a los del Grupo 2 (Tabla 3). Lo que pudo estar influenciado por el número total de semillas que se empleó en cada grupo.

Sin embargo, al compararlos por réplica, resultan bastante similares, para cada grupo de semillas los valores medios obtenidos en cuanto al porcentaje de germinación se consideran bajos. A pesar de ello, todos los porcentajes obtenidos, tanto generales como por réplicas, son inferiores al 88 % certificado por calidad según datos del proveedor. Ello hace pesar que desde la adquisición de las semillas ya estas mostraban cierto deterioro de sus propiedades germinativas.

Tabla 3. Parámetros de la germinación observados en las semillas evaluadas

Grupo 1	R	GP (%)	TMG	UG	VMG	VM	TG	VG	T50
1	57,1	5,5	10,4	3,5	8,2	10,6	4,7	87,5	
2	28,6	5,5	5,2	1,3	4,1	5,2	1,2	175,	
3	42,9	5,3	8,0	2,8	6,1	8,1	2,6	116,7	

	X	42,9	5,4	7,9	2,5	6,1	7,9	2,8	126,4
	SE	0,7	0,04	0,9	0,03	0,78	0,5	0,7	0,1
Diferencia ente media		17,4	0,93	1,0	0,4	2,5	1,7	19,1	107,7
Grupo 2	1	61,1	6,4	9,7	3,0	8,8	9,9	26,5	16,7
	2	47,1	6,1	7,8	2,3	6,7	8,1	15,4	21,9
	3	58,8	6,4	9,3	2,9	8,4	9,5	24,0	17,5
	X	60,3	6,4	8,9	2,9	8,6	9,7	21,9	18,7
	SE	0,06	0,02	0,02	0,1	0,3	0,4	0,1	0,5

Leyenda: **R:** Réplicas, **GP:** porciento de germinación, **TMG:** tiempo medio de la germinación, **UG:** uniformidad de germinación, **VMG:** velocidad media de germinación, **VM:** % de germinación acumulada, **TG:** tasa de germinación, **VG:** vigor germinativo, **T50:** tiempo para que las semillas alcancen el 50 % de germinación, **X:** media muestral, **SE:** error estándar (por sus siglas en inglés)

Relacionado con el tiempo medio, la uniformidad, velocidad media, porciento de germinación acumulada, tasa y vigor germinativo, son indicadores que, de acuerdo con la diferencia entre las medias de los grupos, sugieren que estos se comportaron de manera similar en ambos grupos de semillas. Solo el vigor germinativo tendió a ser más elevado en el Grupo 2 (semillas con ocho meses de almacenamiento). De forma general, estos resultados se consideran bajos, sobre todo si se tiene en cuenta que el tiempo para que las semillas del lote alcancen el 50 % de germinación es muy elevado, en un rango entre los 16 y los 175 días, según los valores obtenidos en las réplicas de cada grupo.

Sobre la base de los trabajos desarrollados por Sánchez et al. (1999), Benavides et al. (2018), Mancipe et al. (2018), Gamba et al. (2020), Salazar et al. (2020) y Manzo et al. (2022), se confirma lo señalado respecto a los bajos valores obtenidos para los parámetros germinativos evaluados. Estos autores al desarrollar estudios de viabilidad sobre semillas de diferentes especies (incluidas *Cucurbitaceae*), informaron valores más elevados que los del presente estudio para los diferentes parámetros, los cuales clasificaron como adecuados. Con ello, asumieron que entre más elevados sean los valores obtenidos para algunos de los parámetros mayor será la calidad del lote de semillas analizado.

Lo obtenido en este ensayo de germinación unido a lo planteado en la literatura, confirman que estas semillas desde su adquisición con el proveedor, ya mostraban cierto deterioro. Se valida, además, el resultado alcanzado en el ensayo de viabilidad con el empleo de tetrazolio referente a la pérdida de la calidad de las semillas.

Los resultados en los parámetros germinativos de la semilla dan cuenta de que, aunque con el paso del tiempo, la semillas pueden mantener poco afectados los indicadores que definen su calidad física, desde el punto de vista fisiológico no es así. Por ello se requieren de varios métodos de estudio que permitan evaluar la calidad de la semilla en diferentes momentos, de manera tal que contribuya al proceso de toma decisiones sobre su utilización para la siembra.

Los ensayos de germinación permiten determinar el potencial máximo de germinación de un lote de semillas y al mismo tiempo, estimar su desempeño en condiciones de campo. La germinación en laboratorio constituye un primer indicio de la calidad. Sin embargo, hay que señalar que, en muchos casos, los resultados que se obtienen en condiciones controladas de laboratorio difieren de los que se logran en condiciones de campo (Manzo et al., 2022).

Uno de los factores ligados estrechamente al proceso de germinación es la calidad de la semilla. De acuerdo con Patil et al. (2019), Jeromini et al. (2019) y Pacheco et al. (2020), la semilla de buena calidad debe reunir una serie de atributos para garantizar procesos óptimos. Sin embargo, esta calidad puede ser afectada por factores intrínsecos como el potencial genético, la capacidad de adaptación a condiciones edafoclimáticas y condiciones de almacenamiento, los cuales reducen el porcentaje de germinación, la velocidad de emergencia y el vigor de las plántulas.

Estos atributos están asociados directamente con la calidad fisiológica de la semilla, vista según Vindas et al. (2022), como la capacidad para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. Luego de la máxima viabilidad, Magdaleno et al. (2020) refirieron que las semillas comienzan a envejecer o perder vigor al estar expuestas a condiciones ambientales no siempre favorables, de ahí que, el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El incumplimiento de alguna de estas condiciones introduce un factor limitante y una semilla con la mejor genética no puede expresar su verdadero potencial si está fisiológicamente deteriorada.

Conclusiones

Los parámetros de calidad física son poco variables y permanecen en las semillas de *C. pepo* var. INIVIT C-2000 luego de ocho meses de almacenamiento y, aunque mantienen su capacidad de imbibición, la reducción de la viabilidad evidenció una tendencia a la disminución de la calidad fisiológica. Las semillas estudiadas mostraron una pérdida progresiva de la capacidad germinativa con valores inferiores a los certificados por calidad al momento de adquirirlas, lo que confirma la tendencia a la disminución de la calidad fisiológica.

Contribución de los autores

Onelkis Fuentes Miranda: redacción del artículo, análisis de los resultados, búsqueda de literatura, revisión final

Belyani Vargas Batis: planeación de la investigación, análisis de resultados, redacción y revisión final.

José Antonio Bourzac Torres: montaje del experimento, análisis de resultados, búsqueda de literatura y revisión final

Omar Orlando García Enamorado: análisis de resultados, búsqueda de literatura y revisión final

Clara Arlenys Hechavarría Bandera: montaje del experimento, evaluación del experimento y revisión final

Osmar Segura Reyes: montaje del experimento, evaluación del experimento y revisión final

Eliane García Martínez: evaluación del experimento y revisión final

Betsi Beatriz Pacheco Jimenez: evaluación del experimento y revisión final

Conflictos de interés

No se declaran.

Agradecimientos

Al Grupo Científico Estudiantil de Gestión Ambiental de Ecosistemas Agrícolas por su apoyo durante la investigación y al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) por su colaboración con reactivos e instalaciones en las pruebas de viabilidad.

Referencias

- Aguilar, C., Cervantes, Y. F., Sorza, P. J., & Escalante, A. S. E. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-12. e1059. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>
- Alvarado, D., Valdez, L. A., Cepeda, J. M., Rubí, M., & Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Álvarez, O., Pérez, C. M., & Bonilla, M. (2020). Evaluación de la viabilidad en semillas de *Pinus tropicales* Morelet con diferente tiempo de almacenamiento. *Avances*, 22(1), 1-9. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869115007/html/>
- Aveling, T. A. S. (2014). *Global standards in seed health testing*. In, M. L. Lodovica, G. Munkvold, Global perspective on the health of seeds and plant protection material. (pp. 17-28). Springer Dordrecht Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9389-6>
- Benavides, A., Del Pezo, R., Pernia, B., Mero, M., Cornejo, X., Magallanes, I., Romero, B., &

- Zambrano, J. (2018). Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae). *ECOVIDA*, 8(1), 39-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439111>
- Bravato, M. (1974). Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae) de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 9(1-4), 317-361.
- Ceritoglu, M., Erman, M., Çiğ, F., Ceritoglu, F., Uçar, Ö., Soysal, S., & EL Sabagh, A. (2023). Enhancement of root system architecture, seedling growth, and germination in lentil under salinity stress by seed priming with silicon and salicylic acid. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(5), 1-11. <https://doi.org/10.15244/pjoes/168941>
- Delgado, N. (2022). *Caracterización morfológica preliminar de variedades de bubango (Cucurbita pepo L.) de diferentes procedencias de la Macaronesia*. (Tesis de Pregrado). Universidad de La Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29014>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0258-59362010000100011
- Ecuador. Ministro de Agricultura y Ganadería. (2023). *Propuesta protocolo para la determinación de la calidad de semillas y plántulas campesinas*. Ministro de Agricultura y Ganadería. https://serviciosafc.mag.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/E2-4-Protocolo semillas campesinas aprobado_20_01_230718264001677712714.pdf
- Escobar, J. L., Ramírez, O., Cisneros, P., Gutiérrez, R., Maldonado, M. A., & Valenzuela, J. L. (2021). Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, Número Especial II, e2963. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2963>
- Farrás, T. (2020). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Revista del Plan Agropecuario*, 166, 64-65. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180_2775.pdf
- Gamba, J., Morichetti, S., & Pérez, M. A. (2020). *Calidad de semillas de maní: viabilidad, vigor y emergencia en el campo de cada fracción física componente de un lote de semilla de maní y su impacto económico*. Ciababrera. [http://www.ciababrera.com.ar/docs/JORNA DA%2031/28-Gamba,%20J\(%201\).pdf](http://www.ciababrera.com.ar/docs/JORNA DA%2031/28-Gamba,%20J(%201).pdf)
- Iguaran, E. M., Diaz, M. P., Aroca, N. D., & Valencia, M. C. (2023). *Análisis integral de los procesos de germinación mediante su porcentaje, la viabilidad, imbibición, la prueba de vigor, y su efecto a condiciones ambientales*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/375744384>.
- Kornerup, A., Wanscher, J. H., & Pavey, D. (1978). *Methuen Handbook of Colour*. Eyre Mathuen.
- Mancipe, C., Calderón, M., & Pérez, L. V. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. *Caldasia*, 40(2), 366-382. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v40.n2.68251>
- Manzo, S. M., González, R. H., García, G., García, E., Espinosa, V., Corona, T., & Robledo, A. (2022). Viabilidad y germinación de semillas de cuatro especies amenazadas de cactáceas. *Caldasia*, 44(2), 209-220. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n2.86192>
- México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2023). *Regla para la calificación de semillas: ajo (Allium sativum L.)*. SNICS-AGRICULTURA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/847618/REGLA_AJO_3.pdf
- Ochoa, S. C. (2023). *El potencial de las semillas de calabaza (Cucurbitáceas) como fuente de compuestos bioactivos, con posible incorporación de este residuo agroindustrial, como ingrediente funcional en la elaboración de alimentos*. (Tesis de Especialidad). Unilasallista Corporación Universitaria. <https://repository.unilasallista.edu.co/items/4c937051-2097-4d01-8bac-dedb3a72cfd1>
- Perelmuter, T. (2021). ¿Cuál es la importancia de las semillas y qué sucede con estas en el modelo agronegocios? *Estudios Rurales*, 11(Esp.23). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/181/1812306001/index.html>
- Pérez, A., Del Ángel, M., Sánchez, C., Taborda, P. C., & García, E. (2021). Estudio del agroecosistema con calabaza pipián en Cantarranas, Paso de Ovejas, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 823-834. <http://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2261>
- Ramírez, A., Collinot, C., de la Cruz, Y., & Fontalvo, J. (2021). *Calabacita (Cucurbita pepo)*. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/hab/files/2021/07/Calabacita.pdf>
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma No. 8*. Biodiversity International. https://books.google.com/cu/books/about/Manual_para_el_Manejo_de_S

- [emillas en Ban.html?id=sv FnxOOiCcC&edir_esc=y](#)
- Restrepo, M. L. (2004). Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de diomate (*Astronium graveolens* Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 57(1), 2215-2227. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000100006
- Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y AfricaSeeds. (2019). *Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas*. FAO-AfricaSeeds. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/df331df4-4abd-4174-a496-ba40649eddf/content>
- Sánchez, J. A., Calvo, E., Muñoz, B. C., & Orta, R. (1999). Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y su efecto en la conducta germinativa del tomate, pimiento y pepino. *Cultivos Tropicales*, 20(4), 51-56. <https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Sanchez-Rendon/publication/279179800>
- Sánchez, J. L., Jiménez, M., Ramírez, C., & Viveros, H. (2023). Calidad de semilla y crecimiento de planta en poblaciones y altitudes de *Pinus hartwegii* Lindl. Seed quality and plant growth in populations and altitudes of *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(75), 143-165. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v14n75/2007-1132-remcf-14-75-143.pdf>
- Varona, M., Marrero, A., & Mederos, D. (2014). Manejo agrotécnico de la calabaza para la producción de semilla. *Agrotecnia de Cuba*, 38(1), 76- 86. https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/media/Agrotecnia/pdf/38_2014/1/7.pdf
- Pacheco, J. D., Torres, D., Querales, P. J., Valera, R., Álvarez, S., & García, Y. (2020). Factores que afectan la calidad de semillas y el potencial productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Acta Agronómica*, 69(4), 314-320. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n4.69401>
- Patil, R., Hunje, R., Somanagouda, G., & Chadrashekhar, S. S. (2019). Influence of seed enhancement techniques on seed quality in onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), 252-255. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb05356.x>
- Salazar, S. A., Botello, E. A., & Quintero, J. D. (2020). Optimización de la prueba de tetrazolio para evaluar la viabilidad en semillas de *Solanum lycopersicum* L. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), e1344. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1344
- Jeromini, T. S., Muniz, R. A., Silva, G. Z. D., & Martins, C. C. (2019). The envelope method and substrate wetting in the germination test of onion seeds. *Revista Ciência Agronômica*, 50(1), 169-176. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190020>
- Magdaleno, E., Magdaleno, A., Mejía, A., Martínez, T., Jiménez, M. A., Sanchez, J., & García, J. L. (2020). Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17, 569-581. <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i3.1372>
- Vindas, E. J., Monge, A. A., Porras, C., & Barboza, L. (2022). Pruebas de vigor para determinar la calidad fisiológica en semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 33(Especial), Artículo 51541. <https://doi.org/10.15517/am.v33iEspecial.51541>