







Factores que afectan la calidad de semillas y el potencial productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.)

Factors affecting seed quality and yield potential of onion (*Allium cepa* L.)

José Daniel Pacheco ¹, Duilio Torres Rodríguez ², Pastora Josefina Querales ³, Rosario Valera Merlo ⁴,
Sorianny Álvarez Orozco ⁵, Yelitza García Orellana ⁶.

¹Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ danielpacheco1992@outlook.com

²Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ duiliotorres@ucla.edu.ve

³Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ pastoraq@ucla.edu.ve

⁴Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ rosariovalera@ucla.edu.ve

⁵Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ soryalvarez2906@gmail.com

⁶Universidad Lisandro Alvarado. Venezuela. ✉ yelitzagarcia@ucla.edu.ve

Rec.: 03-04-2020 Acep.: 10-08-2020

Resumen

La calidad fisiológica de la semilla garantiza óptimos rendimientos de cultivo. En el de Posgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), estado Lara, Venezuela, se estudiaron los factores que inciden en la calidad de semillas de *Allium cepa* L. En el estudio se evaluaron la calidad fisiológica, microbiota con potencial fitopatogénico y metabolitos secundarios en cuatro materiales comerciales de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.): Texas 438 identificados como TX¹ y TX², y Yellow Granex YG¹ y YG². Para las pruebas de vigor se realizó el conteo de germinación, porcentaje de emergencia (PE), velocidad de emergencia (VE), índice de velocidad de emergencia (IVE), además de una prueba de viabilidad con tetrazolio (Tz). La microbiota fue determinada por incubación en medio de cultivo para hongos y bacterias y los metabolitos secundarios fueron determinados por cromatografía de capa fina. Para las evaluaciones de germinación, emergencia e identificación de patógenos se dispusieron cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Los resultados mostraron que el porcentaje de germinación de los materiales evaluados estaba por debajo de los estándares internacionales (80%), la germinación fue afectada por las condiciones de almacenamiento que influyeron en la de viabilidad de las semillas, lo cual se reflejó en el estado fitosanitario con presencia de *Aspergillus* sp., *A. niger*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* y algunas bacterias. Los metabolitos secundarios presentes (fenoles y flavonoides) desempeñaron un papel fundamental en la defensa contra la microbiota presente, encontrando valores altos de los mismos en las semillas con menor cantidad de patógenos.

Palabras clave: *Allium cepa* L.; Germinación; Microbiota; Viabilidad, Vigor.

Abstract

The physiological quality of the seed guarantees optimal crop yields. At the Graduate School of Agronomy of the Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Lara state, Venezuela, factors that influence the quality of *Allium cepa* L seeds were studied. In the study, the physiological quality, microbiota with pathogenic potential and secondary metabolites in four commercial onion seed materials (*Allium cepa* L.): Texas 438 identified as TX¹ and TX², and Yellow Granex YG¹ and YG². For the vigor tests, the germination count, emergence percentage (PE), emergence speed (VE), emergence speed index (IVE) was performed, as well as a viability test with tetrazolium (Tz). The microbiota was determined by incubation in culture medium for fungi and bacteria and secondary metabolites were determined by thin layer chromatography. For germination, emergence and pathogen identification evaluations, four replications of 100 seeds each were arranged. The results showed that the germination percentage of the evaluated materials was below international standards (80%), germination was affected by the storage conditions that influenced the viability of the seeds, which was reflected in the phytosanitary state with the presence of *Aspergillus* sp., *A. niger*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* and some bacteria. The secondary metabolites present (phenols and flavonoids) played a fundamental role in the defense against the microbiota present, finding high values of them in the seeds with fewer pathogens.

Keys word: *Allium cepa* L; Germination; Microbiota; Viability; Vigor.

Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas cultivadas más importante, debido al alto consumo a escala global, siendo los principales productores China, India, Egipto y USA, Irán, Turquía, Brasil y México (HANCI, 2015). En Venezuela su cultivo está ampliamente difundido principalmente en la zona occidental del país, destacando la depresión de Quíbor del estado Lara como la más importante (Banko, 2019).

La producción de cebolla es además una actividad económica altamente especializada que cada vez demanda nuevas tecnologías de cultivo (Brenes-Peralta et al., 2019). La semilla de buena calidad debe reunir una serie de atributos para garantizar rendimientos óptimos en cosecha (Patil et al., 2019); no obstante, esta calidad puede ser afectada por factores intrínsecos relacionados con el potencial genético de los materiales, la capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas y condiciones de almacenamiento, los cuales ocasionan reducción del porcentaje de germinación, la velocidad de emergencia y el vigor de las plántulas (Jeromini et al., 2019).

Existe una estrecha relación entre la calidad de la semilla y el producto final, así, para que una semilla de cebolla sea considerada de alta calidad debe cumplir con una serie de requisitos como son, alto poder germinativo y porcentaje de emergencia, vigor de plántulas y sanidad que garantice la ausencia de patógenos (Jilani et al., 2019). Para obtener las condiciones anteriores es necesario efectuar pruebas agronómicas con el fin de evaluar el poder germinativo, la emergencia, el vigor, la viabilidad y el estado fitosanitario de las semillas (Patil et al., 2019). Estas pruebas deben estar acompañadas de condiciones adecuadas de humedad, temperatura y tiempo de almacenamiento (Tripathi y Lawande, 2019).

Por otro lado, la proliferación de patógenos en las semillas puede ocasionar enfermedades fúngicas y bacterianas, que reducen el rendimiento y causan la muerte de las plantas (Aguirre-Medina et al., 2019). Estos patógenos proliferan en condiciones de humedad y temperatura no adecuadas durante el almacenamiento. Para garantizar la sanidad de las semillas es necesario aplicar medidas de control, entre las cuales la presencia de metabolitos secundarios como fenoles y flavonoides disminuyen considerablemente la proliferación de patógenos (Dutta et al., 2019).

Con el objetivo de conocer la inocuidad de materiales comerciales se evaluó el potencial fisiológico de semillas de cebolla variedades Texas 438 y Yellow Granex y de esta manera diagnosticar los posibles factores que inicien en el desempeño fisiológico del cultivo.

Materiales y métodos

Localización

Los ensayos fueron establecidos en diciembre de 2019 en los Laboratorios de Micología y Microtecnia, localizados en las instalaciones de Posgrado de Agronomía de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (UCLA), Cabudare, Municipio Palavecino del estado Lara, Venezuela, a 10°01'30"LN, 69°16'30" LO, a 495 m.s.n.m.

Material experimental

Se utilizaron los materiales de cebolla Texas 438 y Yellow Granex, cada uno de ellos con dos muestras de diferentes fechas de producción: Texas 438 (TX¹) de junio 2017 y Texas 438 (TX²) de mayo de 2017; y Yellow Granex (YG¹) de mayo de 2017 y Yellow Granex (YG²) de octubre de 2016.

Prueba de germinación estándar

La capacidad de germinación se evaluó mediante la prueba de germinación estándar (GE) que se realizó de acuerdo con los procedimientos establecidos por ISTA (2016), para ello se dispusieron 400 semillas que fueron distribuidas de forma aleatoria en cuatro bandejas por lote (100 semillas por bandeja), dentro de una cámara de germinación a una temperatura de 26 ± 2 °C. Los conteos de germinación fueron realizados 6 y 12 días después, considerando como germinadas sólo las plántulas normales o aquéllas que no superaran 50% de manchas necróticas.

En el primer conteo se registraron y evaluaron las semillas germinadas, las cuales fueron eliminadas, mientras que el resto de las semillas se mantuvieron en las bandejas.

Porcentaje de emergencia (PE)

Se realizó bajo condiciones de temperatura ambiente de 28 ± 2 °C, utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada en autoclave. Se sembraron 100 semillas de cada material, distribuidas en cuatro repeticiones de 25 semillas, a una profundidad de 0,8 cm con una distancia entre semillas de 2,5 cm. La emergencia de plántulas normales fue medida diariamente considerando sólo aquéllas con presencia de las primeras hojas verdaderas.

Velocidad de emergencia (VE)

Para el cálculo de la VE se utilizó la fórmula propuesta por Edmond y Drapala (1959):

$$VE = \frac{(N1 E1)+(N2 E2)+\dots+(Nn En)}{E1+E2+\dots+En} \quad \text{Ec. 1}$$

donde: VE = velocidad de emergencia (días); E = número de plántulas emergidas en cada repetición; N = número de días entre cada conteo.

Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Para el cálculo del IVE se tomaron los resultados obtenidos en la evaluación diaria de porcentaje de emergencia, de acuerdo a la fórmula propuesta por Maguire (1962):

$$VE = \frac{(N1 E1)+(N2 E2)+\dots+(Nn En)}{E1+E2+\dots+En} \quad \text{Ec. 2}$$

donde: IVE = Índice de velocidad de emergencia; E = número de plántulas emergidas en cada repetición; N = número de días entre cada conteo.

Ensayo de viabilidad por tetrazolio y contenido de humedad en semilla

Para estas mediciones se siguieron las Normas propuestas por ISTA (2016). En el primer caso usando una solución acuosa de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio al 1% y 100 semillas por repetición, 4 repeticiones por tratamiento; el contenido de humedad se midió con base en el porcentaje por peso, según fórmula siguiente:

$$M(\%) = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso inicial}} \times 100 = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

donde: $M1$ = peso (g) del contenedor con tapa; $M2$ = peso (g) del contenedor con tapa y semillas antes del secado; $M3$ = peso (g) del contenedor, la tapa y semillas después del secado.

Microbiota asociada y relación con el potencial fisiológico de la semilla

Para esta medición se dispusieron cuatro repeticiones de 100 semillas en bandejas plásticas rectangulares, las cuales fueron incubadas a temperatura ambiente dentro de una cámara de crecimiento con fotoperiodo de 12 h durante 9 días. Transcurrido este tiempo, se procedió a la identificación de la microbiota mediante uso de claves taxonómicas.

Cuantificación de metabolitos

La determinación de alcaloides, flavonoides y fenoles en los EE, se realizó mediante cromatografía de capa fina, utilizando cromatofolios de papel filtro con dimensiones de 6,5 cm de largo por 2,5 cm de ancho, siguiendo lo indicado por Marcano y Hasegawa (2002)

Análisis estadístico

Para realizar el análisis de varianza de los datos se empleó el programa estadístico Infostat 2019 y en aquellos casos que fue necesario, se hizo la prueba de medias de rangos múltiples de Tukey ($P < 0,05$). Igualmente se realizó un análisis multivariado para comparar la correlación entre todas las variables, a través de los componentes principales e identificar aquellas variables más importantes para explicar el comportamiento de los materiales evaluados.

Resultados y discusión

Los resultados de la germinación y el vigor de plántulas —porcentaje de germinación (GE), germinación al primer conteo (PC), porcentaje de emergencia (PE), velocidad de emergencia (VE) e índice de velocidad de emergencia (IVE)— se incluyen en la Tabla 1. Para todas las variables evaluadas se observaron diferencias ($P < 0,05$) entre los diferentes materiales. El mayor porcentaje de germinación (GE) se encontró en TX^1 y YG^2 con 79% y 74 %, mientras que en TX^2 y YG^1 los valores fueron muy bajos (GE = 51 y 39%, respectivamente). Esta variable en los cuatro materiales evaluados presentó valores inferiores a los estándares internacionales, que establece valores por encima de 80% de germinación (ISTA, 2016).

La segunda variable evaluada fue el primer conteo del número de semillas germinadas (PC), la cual es considerada como prueba de vigor de la semilla y complementa la GE estándar que se hace en condiciones ambientales controladas. Para esta variable (PC), TX^1 en el primer conteo presentó los valores más altos (74%), porcentaje que le permite a este material expresar uniformidad durante el desarrollo de las plántulas, en comparación con los demás materiales que se comportaron de manera diferente. La variedad YG^2 presentó un valor

Tabla 1. Porcentaje de germinación y pruebas de vigor de cuatro materiales de cebolla (*Allium cepa* L.).

Material	Vigor				
	GE (%)	PC (%)	PE (%)	VE (días)*	IVE
Tx^1	79 c*	74 c	75 c	5 a	3,89 c
TX^2	51 b	36 a	42 a	6b	1,75 a
yg^1	39 a	32 a	38 a	6b	1,61 a
Yg^2	74 c	53 b	58 b	6ab	2,61 b
CV	7.17	11.37	12.60	7,88	13,25

*Valores en la misma columna seguidos por letras iguales no presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$). GE: germinación estándar; PC: primer conteo; PE: porcentaje de emergencia; VE: celeridad de emergencia; IVE: índice de celeridad de emergencia; CV: coeficiente de variación.

de 53% para la germinación al primer conteo, mientras que los valores más bajos se observaron en TX² y YG¹ con valores de germinación de 36 y 32%, respectivamente, lo que se manifiesta en menor uniformidad durante el desarrollo de la planta, debido, entre otros factores, a la pérdida de vigor durante el almacenamiento por condiciones no adecuadas de temperatura y humedad (Khan et al., 2018, Filho, 2015).

El porcentaje de emergencia (PE) permite evaluar el comportamiento de las semillas en condiciones similares a las encontradas in situ; por tanto, las semillas que germinan expresan su potencial en condiciones reales (Lodama et al., 2016), por esta razón la prueba es considerada como indicador de vigor. Los resultados muestran que el material TX¹ presentó los valores más altos con 75% seguido de YG² con 58%, mientras que los valores más bajos se encontraron en TX² y YG¹ con valores de 42 y 38%, respectivamente.

La velocidad de emergencia (VE) y el índice de velocidad de emergencia (IVE) son indicadores del comportamiento del lote de semillas en relación con el tiempo de germinación (Rao y Mohan, 2017) que, a su vez, son derivados de la prueba de emergencia (PE). En la Tabla 1 se observa que el material TX¹ germinó más rápido (5 días) en comparación a los materiales YG², TX² y YG¹ que germinaron a los 6 días, el material Tx¹ fue más eficiente al presentar un IVE de 3,89 seguido de material YG² con 2,61. Los IVE más bajo se observaron en TX² y YG¹ con 1,75 y 1,61. Estos resultados indican que el material TX¹ presenta

mejores atributos de vigor que le permiten conservar cualidades que se perdieron en el resto de los materiales, debido a deficientes condiciones de almacenamiento, estado fitosanitario y contenido de humedad presente en la semilla (Rao y Mohan, 2017 y Khan et al., 2018).

Después del potencial de germinación de los materiales, se evaluó el vigor a través de las pruebas de tetrazolio (Tabla 2). Los materiales YG² y TX¹ presentaron los valores más altos de semillas viables con 51,50 y 50,50%, mientras que los materiales YG¹ y TX² presentaron los valores más bajos (41,75 % y 29,50%).

Como se mencionó anteriormente, el alto porcentaje de semillas no viables en ambos materiales se explica por deficiencias durante el almacenamiento que ocasiona variaciones de temperatura y humedad. Sowley et al. (2019) indican que la semilla de cebolla pierde rápidamente su viabilidad cuando los procesos de almacenamiento para su conservación no son controlados adecuadamente.

En este estudio, los empaques de las semillas se encontraban en buen estado, por tanto, garantizaban condiciones adecuadas para evitar el ataque de patógenos que afectan el potencial fisiológico de las semillas (Tripathi y Lawande, 2019). En el estudio de la microbiota se encontraron patógenos como *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Mucor*, además de aislados bacterianos (Tabla 3).

Para *Aspergillus* spp. los valores más altos se encontraron en el material YG¹ con 14% de semillas infestadas, seguido de TX¹ y YG² con valores de 9,63 y 7,88% de semillas infestadas, mientras que los valores más bajos correspondieron a los materiales TX² con 2,50% de semillas infestadas. Los materiales YG² y TG¹ presentaron los niveles más altos de semillas de infestadas con *A. niger*, siendo de 14,38 y 8,63%, respectivamente, mientras que los valores más bajos se encontraron en los materiales TX² y YG¹ con 5,50% de semillas infestadas.

Tabla 2. Prueba de tetrazolio de semillas de cuatro materiales de cebolla (*Allium cepa* L.).

Material	PE (%)	Viabilidad al tetrazolio	
		viables (%)*	no viables (%)
TX ¹	75	50,50 b*	49,50 a
TX ²	42	41,75 a	58,25 ab
YG ¹	38	29,50 a	70,50 b
YG ²	58	51,50 b	48,50 a
CV	12,60	20,76	15,86

*Valores en la misma columna seguidos por letras iguales no presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$). PE: porcentaje de emergencia. CV: coeficiente de variación.

Tabla 3. Frecuencia de incidencia de hongos y bacterias en materiales de cebolla (*Allium cepa* L.).

Material	Frecuencia de hongos y bacterias asociados con semilla						
	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i>	Bacterias
Tx ¹	9,63b*	8,63ab	9,00	6,63	7,50	7,00 a	12,13b
TX ²	2,50a	5,50a	8,75	5,00	7,50	7,00 a	2,63a
Yg ¹	14,00b	5,50a	9,25	11,38	11,50	13,00 a	9,50b
YG ²	7,88a	14,38 b	7,00	11,00	7,50	7,00 a	9,75b
P (<)	0,0066	0,0065	0,7562	0,0855	0,0925	0,0156	0,0230

*Valores en la misma columna seguidos por letras iguales no presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Las semillas del material YG¹ presentaron los valores más altos de infestación de *Rhizopus* (9,25), *Fusarium* (11,38), *Mucor* (11,50%) y *Penicillium* (13,00); por el contrario, el material TX² presentó bajos niveles de infestación por estos patógenos y por bacterias.

La presencia de hongos define, en gran parte, la calidad fitosanitaria de las semillas, ya que algunos de ellos afectan su desempeño fisiológico (Dauda et al., 2017), bien sea inhibiendo la germinación o afectando el desarrollo de la plántula. Jidda y Benjamin (2016) en el noreste de Nigeria encontraron presencia de hongos en semillas de cebolla, los cuales fueron responsables de reducir la viabilidad de las mismas y aumentar las muertes antes y después de la emergencia. Los patógenos pueden permanecer en estado de latencia en la semilla hasta que se presenten condiciones óptimas para su germinación (Mollah et al., 2016).

Las semillas poseen mecanismos intrínsecos que pueden reducir la aparición de patógenos; entre estos se encuentran los metabolitos secundarios (Pagare et al., 2015) como flavonoides y fenoles. En este estudio los valores más altos

de estos se encontraron en el material el YG² y los más bajos en el material YG¹ (Tabla 4). Según Patel et al. (2017) y Li et al. (2010) una alta concentración de flavonoides puede ser debida a la respuesta de la semilla frente al ataque de patógenos, siendo un mecanismo de protección frente a la presencia de algún agente externo.

En el caso de los fenoles se ha demostrado, que los mismo aumentan sus concentraciones cuando las semillas se ven expuestas a condiciones adversas que comprometan su viabilidad (Li et al., 2010), dado que todos materiales presentaron un bajo porcentaje de semillas viables, se observó una alta concentración de fenoles en todos los materiales, particularmente en YG², el cual presento valores altos de infestación de semillas por *Aspergillus niger* y *Fusarium* sp.

Contenido de humedad en semilla

Los materiales presentaron contenidos de humedad entre 7 y 9% (Tabla 5). Estos porcentajes de humedad se encuentran son más altos que el valor (5%) recomendado por Thirusendura y Saraswathy (2018) para la conservación de lotes de semillas comerciales de cebolla.

Tabla 4. Metabolitos secundarios en semillas de materiales de cebolla (*Allium cepa* L.)

Material	Metabolitos secundarios	
	flavonoides mg/ml	fenoles mg/ml
TX ¹	75,69 ab*	41,85 a
TX ²	67,17 ab	51,24b
YG ¹	63,70 a	36,26 a
YG ²	80,07 b	94,36 c
CV	9,52	7,58

*Valores en la misma columna seguidos por letras iguales no presentan diferencias significativas (P ≤ 0.05).

Tabla 5. Contenido de humedad en materiales de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.)

Material	humedad (%)	CV
TX1	7,35	2,66
TX2	8,44	1,66
YG1	9,05	1,61
YG2	8,82	1,60

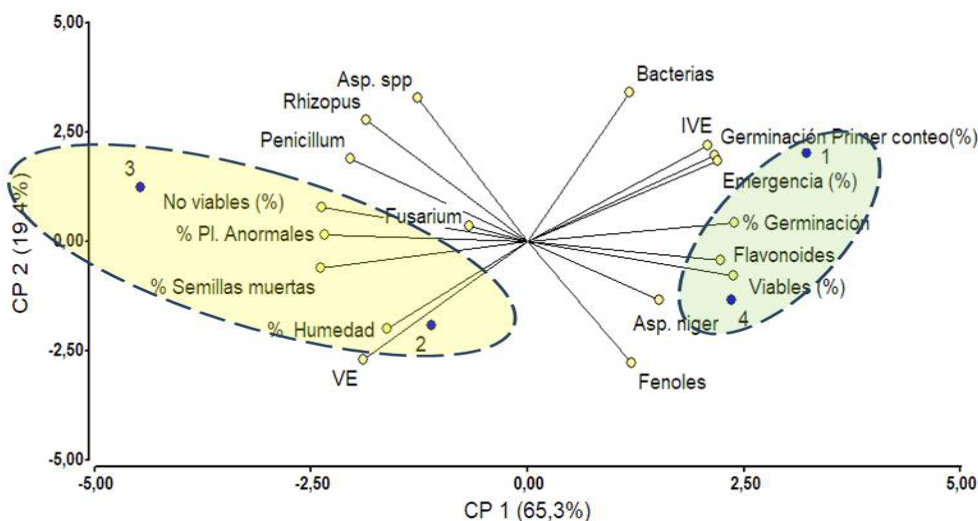


Figura 1. Análisis de componentes principales para el potencial fisiológico de materiales Texas y Yellow Granex de cebolla (*Allium cepa* L.)

Análisis de componentes principales

El desempeño de los materiales evaluados en función de su potencial fisiológico fue agrupado mediante un análisis exploratorio de componentes principales (ACP) (Figura 1). Se encontró que, 65,3% de la variación fue explicado por el componente 1, donde se observan dos grupos asociados con mejor desempeño fisiológico (TX¹ y YG²), los cuales poseen altos valores de germinación total y en el primer conteo, y de flavonoides y porcentaje de emergencia; mientras que existe otro grupo con un pobre desempeño fisiológico (TX² y YG¹) asociado a alta humedad, semillas muertas, presencias de semillas poco viables y plantas anormales, así como la frecuencia de aparición de los patógenos *Penicillium*, *Rhizopus* y *Aspergillus*.

Los resultados observados muestran que el desempeño fisiológico fue afectado por las condiciones de almacenamiento como el porcentaje de humedad, lo cual se expresó en una mayor frecuencia de patógenos, mientras que aquellos materiales con mejores condiciones de almacenamiento presentaron una mayor viabilidad, menor incidencia de patógenos y, por tanto, un mejor desempeño fisiológico, expresado en un mayor porcentaje de germinación y viabilidad.

Conclusiones

Los materiales evaluados presentaron porcentajes de germinación por debajo de los estándares internacionales con pérdidas de vigor y viabilidad de las semillas, debido a condiciones deficientes de almacenamiento (temperatura y humedad), que favorecieron la proliferación de patógenos. Las semillas evaluadas presentaron una baja viabilidad, lo cual se evidenció en el bajo desempeño fisiológico de las mismas, expresado en bajos porcentajes de germinación y emergencia, velocidad e índice de emergencia, así como número de plántulas anormales. La presencia de patógenos afectó el desempeño fisiológico de todos los materiales, inhibiendo su germinación y evitando su óptimo desarrollo. Se identificaron altas concentraciones de flavonoides en las semillas de cebolla de los materiales TX¹ y YG² lo que aumenta su viabilidad, mientras que la presencia de fenoles en el híbrido YG² se asocia con patógenos que comprometen la viabilidad de las semillas.

Referencias

Aguirre-Medina, J. F.; Hidalgo-Bartolón, E.; Martínez-Tinajero, J. J.; Velazco-Zebadúa, M. E. 2019. Influencia de *Rhizophagus intraradices* en el crecimiento de *Brachiaria decumbens*

Stapf en interacción con dosis de fertilización. *AgroProductividad*, 12(4), 53-60. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1391>

- Banko, C. 2019. La inmigración española en Venezuela: una experiencia de esfuerzo y trabajo productivo. *Espacio abierto*, 28(1), 123-137. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/122/12262976007/html/index.html>
- Brenes-Peralta, L. P.; Gamboa-Murillo, M.; Segreda-Rodríguez, A. C. 2019. Evaluación técnica de la agregación de valor a partir de variedades de cebolla (*Allium cepa*) cultivadas al norte de la Región Central Oriental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(3), 126-134. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i3.4503>
- Dauda, M.; Adeyemi, A. G.; Babatunde, R.; Rahmatallah, A. 2019. Seed dormancy breakage, enhance germination and growth performances of *Parkia biglobosa* seeds using concentrated H₂SO₄. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 8(3), 053-059. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.8.3.0168>
- Dutta, S.; Sarkar, A.; Dutta, S. 2019. Characterization of *Pseudomonas aeruginosa* MCC 3198 and its potential for growth promotion of seedlings of the medicinal plant *Celosia cristata* L. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(4), 985-997. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.804.114>
- Edmond, J. B.; Drapala, W. J. 1959. The effect of temperature, immersion in acetone and sulfuric acid on germination of 5 varieties of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 74, 601-606. <https://eurekamag.com/research/025/765/025765226.php>
- Filho, M. J. 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363-374. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- HANCI (Índice de Compromisos sobre el Hambre y la Nutrición). 2015. HANCI Rankings. <http://www.hancindex.org/>
- International seed testing association- ISTA. 2009. *International Rules for Seed Testing 2009*. Ed. Bassersdorf, Switzerland. 2-18. https://www.seedtest.org/en/handbooks_content---1--3422.html
- International seed testing association- ISTA. 2016. *Germination*. In: *International Rules for Seed Testing 2016*. Ed. Bassersdorf, Switzerland. 19-41. https://www.seedtest.org/en/handbooks_content---1--3422.html
- 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>
- Jidda, M. B.; Benjamin, F. 2016. Identification of fungi associated with storage bulb rot and seed of onion (*Allium cepa* L.) in Maiduguri, Northeastern Nigeria. *International Journal of Modern Botany*, 6(2): 26-30. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80117>

- Jilani, M. S.; Faridullah, K. W.; Khan, M. S.; Kiran, M.; Nadim, M. A.; Fatima, S.; Jilani, T. A. 2019. Optimization of NPK combination for seed production of onion (*Allium cepa*) crop. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(2), 1736-1743. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80117>
- Khan, A. A.; Sarker, K. U.; Haque, M. M.; Tanbir, M. 2018. Storage Container, Seed Moisture Level and Storage Condition Effects on Germination and Prevalence of Seed-Borne Fungi of Onion Seed. *Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary*, 18(3), 2-9. <https://journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/view/2225/2086>
- Li, Z. H.; Wang, Q.; Ruan, X.; Pan, C. D.; Jiang, D. A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933-8952. <https://dx.doi.org/10.3390/molecules15128933>
- Lodama, K. E.; Gerrano, A. S.; Laurie, S. M.; Mavengahama, S.; Adebola, P. O. 2016. Response of prolonged storage time and growth media on seedling emergence of onion (*Allium cepa* L.) in South Africa. *Acta Horticulturae*, 1204, 33-40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1204.5>
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176-177. <http://dx.doi.org/10.2135/ops62>
- Marcano, D.; Hasegawa, M. 2002. *Fitoquímica orgánica*. Ed. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 576 p. <http://saber.ucv.ve/omp/index.php/editorialucv/catalog/view/18/10/56-1>
- Mollah, M. R. A.; Ali, M. A.; Prodhan, M. Z. H.; Rahman, M. M.; Alam, M. J. 2016. Effect of containers on storability of true seeds of onion. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical sciences*, 3(1), 1-4. https://www.ejbps.com/ejbps/abstract_id/757
- Pagare, S.; Bhatia, M.; Tripathi, N.; Pagare, S.; Bansal, Y. K. 2015. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3): 293-304. <https://abap.co.in/secondary-metabolites-plants-and-their-role-overview>
- Patel, J. B.; Babariya, C. A.; Sondarva, J.; Ribadiya, K. H.; Bhatiya, V. J. 2017. Effect of storage conditions, packing materials and seed treatments on viability and seedling vigour of onion (*Allium cepa* L.) seeds. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2): 1054-1067. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i2.1321>
- 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://www.phytojournal.com/archives/?year=>
- Rao, P. S.; Mohan, G. K. 2017. In vitro alpha-amylase inhibition and in vivo antioxidant potential of *Momordica dioica* seeds in streptozotocin-induced oxidative stress in diabetic rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(6), 1262-1267. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.010>
- Sowley, E. N. K.; Kankam, F.; Alidu, M. R. 2019. Fungi associated with onion (*Allium cepa* L.) bulb rot and the impact of storage containers on the occurrence of the fungi in market centers, Tamale, Ghana. *Ghana Journal of Horticulture*, 14(1), 38-47. <http://www.journal.ghih.org/index.php?journal=ghih&page>
- Thirusendura Selvi, D.; Saraswathy, S. 2018. Seed viability, seed deterioration and seed quality improvements in stored onion seeds: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1343103>
- Tripathi, P. C.; Lawande, K. E. 2019. Onion storage in tropical region—a review. *Current Horticulture*, 7(2), 15-27. <http://dx.doi.org/10.5958/2455-7560.2019.00014.1>