

EFECTO DE LA INMERSIÓN Y DEL SUSTRATO SOBRE LA GERMINACIÓN Y LONGITUD RADICULAR EN MORINGA

EFFECT OF IMMERSION AND SUBSTRATE ON GERMINATION AND ROOT LENGTH IN MORINGA

Guillermo Romero-Marcano¹, Ramón Silva-Acuña², Mauro Guillén Mendoza³, Sebastián Palomo-Bárceñas⁴

¹Departamento de Nutrición Animal y Forrajes, Escuela de Zootecnia, *Campus* Los Guaritos

²Postgrado de Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Venezuela

³Carrera Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí, Ecuador

⁴Profesional de libre ejercicio

Email: guillermo.ro80@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
18/10/2022

Aceptado:
15/06/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
14(1):37-46

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.371

Resumen

Con el objetivo de cuantificar las variables germinación inicial (GIN), germinación final (GFI), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud de la radícula (LRA) de moringa, variedades "Supergenius" y "Criolla", con inmersión en agua por 12 horas, o sin inmersión, colocadas en sustratos de papel absorbente y/o arena lavada de río, se instaló un ensayo donde los tratamientos proceden del arreglo factorial 2³, en el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Una bandeja con 50 semillas por unidad experimental y 16 bandejas de aluminio por sustrato. Las cuantificaciones se realizaron entre los 5 y 8 días después del sotero y sus valores interpretados por desglosamiento y prueba de Tukey a 5% de probabilidad. La GIN en el sustrato papel fue superior para "Supergenius", aunque en arena, ambas variedades fueron idénticas. No hubo diferencias entre sustratos en presencia o ausencia de la inmersión, aunque, la GIN en arena fue superior, para las semillas tratadas con inmersión. La GFI; fue superior en "Supergenius", y de manera similar para el IVG, "Supergenius" difiere de la "Criolla", con mayor índice; adicionalmente, cuando son sometidas a un proceso de inmersión, "Supergenius" presenta mayor índice de velocidad de germinación, y el proceso de inmersión acelera ese valor. Las semillas sometidas a inmersión, para la variable LRA, presentaron mayor longitud y fue el sustrato papel donde se observaron esos mayores valores. Para evaluar germinación en semillas de moringa, es pertinente colocarlas en inmersión durante 12 horas y usar papel como sustrato de soporte.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, germinación, biomasa, sustratos, inmersión

Abstract

In order to quantify the variables initial germination (GIN), final germination (GFI), germination speed index (IVG) and radicle length (LRA) of moringa, varieties "Supergenius" and "Criolla", with immersion in water for 12h, or without immersion, placed on absorbent paper substrates and / or washed river sand, a trial was installed where the treatments come from the factorial arrangement 2³, in the randomized block design, with four repetitions. A tray with 50 seeds per experimental unit and 16 aluminum trays per substrate. Quantifications were carried out between 5 and 8 days after burial and their values were interpreted by disaggregation and Tukey's test at 5% probability. The GIN in the paper substrate was higher for "Supergenius", although in sand, both varieties were identical. There were no differences between substrates in the presence or absence of immersion, although the GIN in sand was higher for the seeds treated with immersion. The GFI; it was superior in "Supergenius", and similarly for IVG, "Supergenius" differs from "Criolla", with a higher index; additionally, when they are subjected to an immersion process, "Supergenius" presents a higher rate of germination speed, and the immersion process accelerates that value. The seeds subjected to immersion, for the LRA variable, presented greater length and it was the paper substrate where these higher values were observed. To evaluate moringa seed germination, it is pertinent to place them in immersion for 12 hours and use paper as a support substrate.

Keywords: *Moringa oleifera*, germination, biomass, substrates, immersion

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera Lamark, es considerada como una planta con prestigio y reconocimiento en el ámbito científico, por sus propiedades de utilidad en descubrimientos farmacológicos y ambientales (Villarreal y Ortega, 2014). Las hojas frescas de moringa tienen más vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal (Bonafant et al., 2012). El análisis del valor nutricional de sus hojas, semillas, vainas, así como sus tenores de macro y micronutrientes, la indican como fuente de proteína, grasa, calcio, potasio, hierro, carotenos, vitaminas, entre otros (Liñan 2010; Bolarinwa et al., 2017).

Moringa es originaria de Agra y Oudh en la región noroeste de la India, al sur del Himalaya, noreste de India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán (Pascua, 2014) y particularmente para Venezuela, la especie, se dispersó aleatoriamente, por la manera como se introdujo, así como también, por su diseminación natural (Londoño y Mieres-Pitre, 2009). Hoy, está presente en casi todos los estados del país, donde ha sido ampliamente utilizada como forrajes, e incluida como recurso filogenético a considerar en los sistemas ganaderos como complemento alimentario a los animales (García et al., 2009), debido a sus virtudes de adaptabilidad, bajo costo y destacada calidad y biodisponibilidad proteica del forraje producido (Pérez, 2011).

M. oleifera, puede reproducirse por semillas o multiplicarse por estacas (Luna, 2019). La germinación de las semillas es rápida, cuando se emplean semillas nuevas; Padilla et al. (2012) indican valores de germinación entre 70 y 98%, siendo que, otros autores señalan porcentajes de germinación mayores de 90% (COOPI, 2011); mientras que, Mubvuma et al. (2013) mostraron que las semillas de moringa presentan bajo porcentaje de germinación y Nouman et al. (2012), afirman que fluctúan entre 60 y 90%, ante tal discrepancia en los hallazgos bibliográficos, existe necesidad de generar estrategias para incrementar la germinación, en beneficio del proceso de establecimiento del cultivo.

Hacisalihoglu y Ross (2010), aseveran que los tratamientos de hidratación parcial –inmersión en agua–, ha demostrado ser eficiente en semillas de muchos cultivos y su objetivo es acondicionarlas para recuperar viabilidad e extender su longevidad en almacenamiento; de manera similar, el tratamiento de inmersión, acrecienta y acelera la germinación de semillas, al eliminar la latencia; en consecuencia, las plantas obtenidas de ellas, aumentan sus rendimientos cuando son establecidas en condiciones ambientales adversas.

Padilla et al. (2012) señalan que las semillas de moringa no tienen períodos de latencia y se pueden plantar tan pronto estén maduras; además, lograron porcentajes de germinación superiores a 90% en el tratamiento testigo con semillas de dos meses después de cosechadas; aunque, Santos et al. (2011) y Nouman et al. (2012) evidenciaron reducción en los porcentajes de germinación, cuando la semilla tiene más de 2 a 4 meses, y lo atribuyen al contenido de aceite, y ratifican que la posible solución es la aplicación de tratamientos pregerminativos, que influyen sobre características morfológicas de las plántulas.

La inmersión de las semillas de moringa se realiza previo a la siembra (Valdivia et al., 2010; Padilla et al., 2012; Salgado y Salgado, 2017; Ontivero et al., 2021); además, Montilla-Mota et al. (2017) agregan, que la hidratación de las semillas de *M. oleifera* puede contribuir a mejorar el desempeño de las variables de desarrollo de la planta; en contraposición, Carballo (2011) asegura que no es necesario ese tratamiento previo para lograr buena germinación.

Ante la incertidumbre planteada sobre las bondades de la inmersión de las semillas de moringa, previa a su siembra, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación y la longitud de la radícula de dos variedades de *M. oleifera*, procedentes de semillas tratadas o no con inmersión en agua y dispuestas en sustratos inertes de papel absorbente y/o arena lavada de río autoclavada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de realización del experimento y material genético empleado

La investigación se realizó en el laboratorio de semillas de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, ubicado en el *Campus* Juanico, Maturín, estado Monagas, localizado geográficamente a 9° 45' LN y 63° 11' de LW, con altitud de 65 m (Climate-Data.org, 2020).

Se utilizaron semillas de dos meses de edad, provenientes de frutos cosechados en el ciclo 2019/2020, de *M. oleifera* de las variedades “Supergenius” –frutos largos– y “Criolla” –frutos cortos–; ambas semillas fueron producidas y clasificadas de manera artesanal en la Unidad de Producción Familiar “Semilleros Agrovidas”, ubicada en Punta de Mata, municipio Ezequiel Zamora del estado Monagas. En relación a las características físicas de las semillas, la variedad “Supergenius”, presentó $366,89 \pm 4,36$ semillas. 100 g^{-1} ; el peso de 100 semillas fue del orden de $27,42 \pm 0,26 \text{ g}$ y, la coloración varió desde blanco hasta marrón oscuro, con porcentaje de impurezas del 0,52%; mientras que, las semillas de la variedad “Criolla”, el peso de 100 semillas correspondió

a $23,56 \pm 0,34$ g, el número de semillas. 100 g^{-1} fue de $424,48 \pm 0,88$; la coloración del tegumento marrón oscuro y, con porcentaje de impurezas de 0,31%.

Instalación del ensayo

La variedad de moringa se seleccionó al azar, de formaron 16 muestras de 50 semillas, para un total de 32, de ambos materiales experimentales, y para efecto de identificación, se colocaron en vasos plásticos de 210 mL, previamente rotulados.

El tratamiento de inmersión durante 12 h, se realizó en los mismos vasos plásticos, colmados con agua corriente entre las 7 pm y 7 am. Se descartó el agua contenida en los vasos y se colocaron las semillas sobre toallas de papel absorbente –Toallas Multiusos Absorbo, Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA)– para remover el excedente del agua, e inmediatamente se procedió a la siembra.

Para el sustrato de papel absorbente, se utilizaron 16 bandejas de aluminio de $48,5 \times 43,3 \times 0,8$ cm; y en el sustrato arena lavada de río, se empleó la misma cantidad de bandejas, pero de dimensiones de $40,0 \times 27,0 \times 6,0$ cm. Previamente, las bandejas fueron lavadas con jabón lavaplatos líquido y enjuagadas con hipoclorito de sodio 5,25%, diluido en agua corriente en la proporción 1:4 (v/v) y dejadas secar al aire. Las bandejas fueron distribuidas sobre un mesón, que anticipadamente había sido desinfectado utilizando toallas absorbentes impregnadas con la mezcla cloro+agua, en la proporción descrita.

Sobre cada bandeja se colocó una capa de dos hojas del papel absorbente y se humedecieron con agua corriente, con ayuda de una piseta. Posteriormente, se distribuyeron las semillas correspondientes al tratamiento –50 unidades– cubriéndose con dos hojas del mismo papel absorbente humedecido.

En las bandejas se colocó una capa de 6 cm de sustrato de arena de río, lavada, previamente cernida y desinfectada mediante calor húmedo en autoclave Harvey durante 15 min, 15 psi y 121°C . Las semillas fueron colocadas a la profundidad de 1 cm aproximadamente, a razón de 50 semillas por bandeja y, distribuidas uniformemente en cinco hileras.

Durante el periodo del experimento, a partir de la siembra y a intervalos interdiarios, los sustratos fueron humedecidos con agua corriente utilizando una piseta.

Variables cuantificadas y diseño experimental

Se cuantificó el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación y la longitud de la radícula.

El conteo para determinar el porcentaje de germinación se realizó a los seis y ocho días posteriores a la siembra; aunque, de acuerdo con la normativa ISTA (2014), las evaluaciones deben realizarse a los cinco y ocho días posteriores a la siembra; sin embargo, no ocurrió germinación visible hasta el quinto día. Se consideró como semilla germinada, en el papel absorbente, aquella que presentó longitud de radícula superior a 1 cm, y para el sustrato de arena lavada de río, aquella que emergió del sustrato. Una vez contadas las semillas germinadas, se retiraron de la bandeja y, de manera análoga, para el segundo conteo. El valor de germinación obtenido en la segunda cuantificación, se agregó a la primera evaluación, se ajustaron a 100 semillas y se calculó el porcentaje de germinación respectivo.

Para la determinación del índice de velocidad de germinación –IVG–, a partir del quinto día después de la siembra, –aun sin germinación– se registró diariamente el número de semillas germinadas en cada unidad experimental. Sucesivamente, para los días 6, 7 y 8 después de la siembra, se registraron los valores de germinación. Los valores calculados correspondientes al IVG, provienen de sustituir los datos de germinación en la ecuación (1).

$$\text{IVG} = \text{G}5\text{días}/5 + \text{G}6\text{días}/6 + \text{G}7\text{días}/7 + \text{G}8\text{días}/8 \quad (1)$$

G= número de semillas germinadas.

Para determinar la longitud de la radícula, durante el primer muestreo realizado para cuantificar el porcentaje de germinación, al azar, se seleccionaron diez semillas germinadas por bandeja; mientras que, para la arena lavada de río, se extrajeron cuidadosamente las plántulas del sustrato, previamente humedecido y se les midió la longitud de la radícula, –desde el cuello hasta la punta de la raíz– con una regla graduada en centímetros.

Los tratamientos evaluados provienen del arreglo factorial 2^3 , siendo los factores corresponden, A: dos variedades de moringa, “Supergenius” y “Criolla”; B: inmersión en agua durante 12 h y sin inmersión; C: dos soportes inertes para germinación, papel absorbente y arena lavada de río. Se empleó el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y la unidad experimental representada por una bandeja de germinación contentiva de 50 semillas.

El manejo de los datos y su análisis estadístico se realizó con el programa estadístico InfoStat Versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Los efectos de interacción significativa fueron desglosados e interpretados gráficamente; mientras que, los efectos simples comparados por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los supuestos estadísticos para el análisis de varianza referido a normalidad de los errores (Wilk Shapiro) y de homogeneidad de varianza (Bartlett) fueron cumplidos

satisfactoriamente para realizar el análisis paramétrico de las variables cuantificadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para las variables: germinación inicial –GIN–, germinación final –GFI– índice de velocidad de germinación –IVG– y longitud de la radícula –LRA– en el ensayo de variedades moringa, condición de inmersión y sustrato de soporte para las semillas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		GIN	GFI	IVG	LRA
Bloque	3	399,66 ^{ns}	71,46 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,728 ^{ns}
Variedad (Var)	1	1740,50 ^{ns}	5050,13**	116,96**	0,103 ^{ns}
Inmersión (Inm)	1	3784,50 ^{ns}	465,13 ^{ns}	25,88**	1,015*
Sustratos (Sus)	1	3120,50 ^{ns}	120,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}	2,542**
Var*Inm	1	7,02x10 ⁻³⁰ ns	21,13 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Var*Sus	1	1152,00**	120,12 ^{ns}	7,25 ^{ns}	0,051 ^{ns}
Var/Papel	1	2862,25**	-	-	-
Var/Arena	1	30,25 ^{ns}	-	-	-
Inm*Sus	1	2048,00**	210,12 ^{ns}	13,52 ^{ns}	0,304 ^{ns}
Inm/Papel	1	132,25 ^{ns}	-	-	-
Inm/Arena	1	5700,25**	-	-	-
Var*Inm*Sus	1	112,50 ^{ns}	91,12 ^{ns}	3,06 ^{ns}	0,017 ^{ns}
Error	21	129,57	144,32	3,58	0,165
W (Will-Shapiro)		0,92 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,940 ^{ns}
P (Bartlett)			>0,05		
CV (%)		34,23	23,94	24,22	17,07

* y ** Significativos a 5 y 1% de probabilidad por la prueba de Fisher; ns= no significativo; >0,05= mayor de 5% de probabilidad.

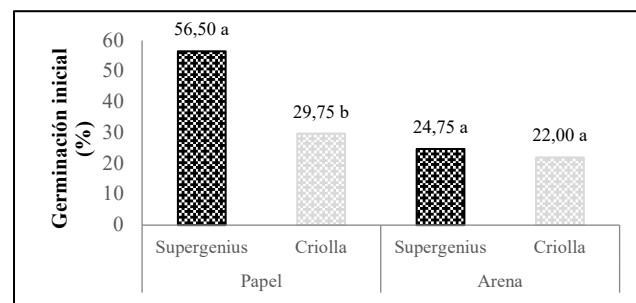
En el resumen del análisis de varianza (Cuadro 1), se detectó efecto significativo por la prueba de F a 1% de probabilidad, para las interacciones variedad*sustratos e inmersión*sustratos en la variable germinación inicial –GIN–; de manera similar, ocurrió en la variable germinación final (GFI) para el efecto simple variedad; además, se observó efecto significativo a 1% de probabilidad para los efectos simples de variedad e inmersión; también, para la variable índice de velocidad de germinación –IVG–, y para el efecto simple sustrato, de manera similar, en la variable longitud de la radícula –LRA–; mientras que, a 5% de probabilidad solo se observó efecto significativo para la inmersión en la variable longitud de la radícula –LRA–.

Los eventos biológicos presentados en esta investigación, por lo general se desarrollan bajo un contexto de causa multifactorial, donde fuentes bióticas –semillas– y abióticas –sustratos de germinación e inmersión en agua– pueden actuar e interactuar en la expresión de cualquier variable, siendo en experimentos factoriales, como el empleado en este caso, donde la significancia de las interacciones permite visualizar tales efectos, que analizados de manera independiente en sus efectos directos no son observables.

Germinación inicial: Interacción variedad*sustratos

Los valores promedios de germinación inicial –GIN– en función de la interacción variedad*sustratos se muestran

en la figura 1, el desglosamiento de la interacción a 1% de probabilidad determinó comportamiento distinto por sustrato entre variedades (Cuadro 1); siendo que, en el sustrato papel se obtuvo superioridad en germinación inicial (%) para la variedad “Supergenius” en comparación a la variedad “Criolla”, mientras que en el sustrato arena la germinación inicial (%) de ambas variedades fue estadísticamente similar.



Medias seguidas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 1. Porcentaje de germinación inicial de semillas de *M. oleifera* por efecto de interacción variedad*sustratos.

Es posible, que las diferencias de germinación en el sustrato papel, correspondan a causas intrínsecas de cada variedad; sin embargo, para el sustrato arena la razón podría estar vinculada al peso que la arena mojada ejerce sobre la semilla, al ser un material de poca porosidad y

alta densidad de partícula (Pire y Pereira, 2003). Si se parte de la premisa que, para considerar la semilla germinada, las estructuras vegetativas deben irrumpir la capa de arena; posiblemente, la capa de arena, represente un obstáculo para las frágiles estructuras vegetales, a las cuales les resultaría difícil mostrarse rápidamente en la superficie; mientras que, en el papel las estructuras vegetativas no encuentran ningún obstáculo a superar y pueden crecer rápidamente.

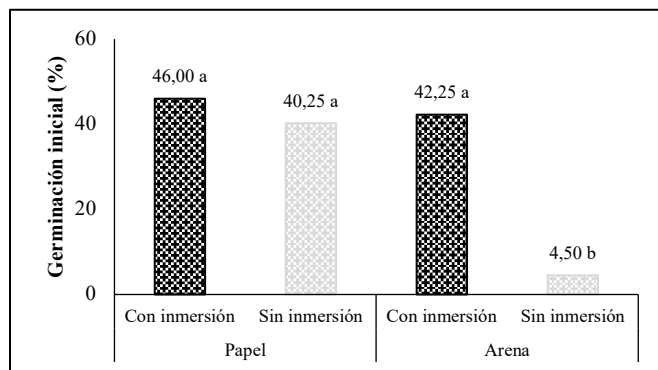
Algunas experiencias describen la arena como el material más favorable para evaluar calidad de semilla en cereales (Escobar, 1978), así también excelente para germinación en frutales –guayaba– (Méndez-Natera et al., 2009); sin embargo, existen cultivos –café y pino– que reportan ciertas limitaciones al intentar germinar en tal sustrato (Guevara et al., 1997; Aparicio-Rentería et al., 1999). A lo que todo indica, la semilla de *M. oleifera* en sustrato arena también puede presentar obstáculos, específicamente para la lectura inicial de germinación, al ser comparado frente al método con empleo de papel.

El porcentaje de germinación de 56,5% obtenido por “Supergenius” en papel en relación a la variedad “Criolla”, muestra que las semillas de esta última, a pesar de tener misma edad de almacenamiento, posiblemente por ser de menor peso y tamaño reportan menor poder germinativo (29,75%), sin descartarse que también pudiese existir cierta dormancia o latencia natural, que retarda el proceso de germinación en este material genético; por otro lado, es de hacer notar que en el sustrato arena los porcentajes de germinación fueron bajos para ambas variedades “Supergenius” y “Criolla”, de 24,75 y 22% respectivamente, lo que evidencia lo poco favorable del sustrato arena sobre todo para la variedad “Supergenius” en relación al de papel. Otros estudios comparativos entre genotipos de *M. oleifera*, también han reportado diferencias en germinación, con mayores porcentajes asociados a los grupos de semillas más pesadas (Contreras-Cisneros et al., 2013; González-Luna, 2017).

Germinación inicial: Interacción inmersión*sustratos

Los porcentajes de germinación inicial –GIN– obtenidos para la interacción inmersión*sustratos, el desglosamiento de dicha interacción y la comparación de los valores promedios, permitió constatar por sustrato, efectos distintos del tratamiento pregerminativo de inmersión (Figura 2). En el sustrato papel hubo similitud estadística para los valores de germinación inicial en las semillas con y sin inmersión; mientras que, en el sustrato arena la germinación inicial (%) fue superior en las semillas de *M. oleifera* tratadas por inmersión durante 12 h con respecto a las semillas no tratadas.

Para ambos sustratos, es posible distinguir la bondad ejercida por la inmersión, donde los porcentajes de germinación alcanzan 46,00 y 42,25%, respectivamente, comparados con 4,5% de germinación en el sustrato arena sin inmersión; sin embargo, fue en el sustrato arena donde ocurrió una notoria diferencia entre ambos tratamientos de inmersión.



Medias seguidas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Figura 2. Porcentaje de germinación inicial de semillas de *M. oleifera* por efecto de interacción inmersión x sustrato

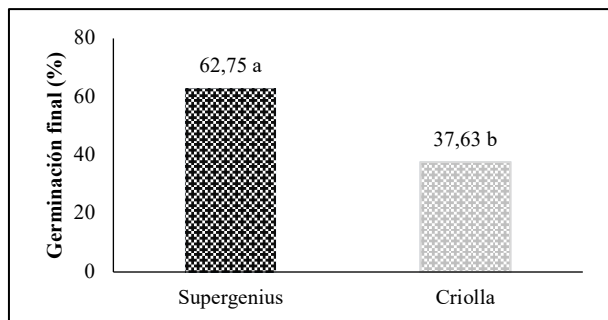
La deficiente capacidad de retener humedad que caracteriza a la arena (Pire y Pereira, 2003) explica el comportamiento diferenciado obtenido en este sustrato, donde las semillas no tratadas con inmersión presentaron notable déficit hídrico que provocó retardo en la activación de los mecanismos germinativos, con prolongación temporal de la fase crítica de imbibición (Doria, 2010).

A pesar de ser considerada una semilla ortodoxa, capaz de mantener viabilidad en el tiempo con muy bajos contenidos de humedad (De la Cruz, 2017), los resultados evidencian la necesidad de humedad suficiente en la semilla de *M. oleifera* para la rápida ocurrencia de la germinación, y por ende justifican los tratamientos pregerminativos –inmersión en agua o remoción de tegumento– practicados en investigaciones recientes (Barraza 2017; Romero-Marcano et al., 2018; Luna 2019; Ontivero et al., 2021), siendo la arena la condición más semejante al suelo –siembra directa– y al sustrato para contenedores en vivero.

Germinación final: Efecto de la variedad

El análisis de varianza (Cuadro 1) detectó diferencias altamente significativas entre las variedades de *M. oleifera* para la variable –GFI–; la comparación de los valores promedios para este efecto simple muestra que “Supergenius” difiere estadísticamente de la variedad “Criolla” que presentó el menor valor de germinación al final del periodo cuantificado (Figura 3).

La inferioridad en germinación de la variedad “criolla” definitivamente está relacionada de forma directa con el menor tamaño y peso de semillas de este material genético, asociados con menor contenido de reservas nutritivas y por consiguiente menor vigor (Rendón *et al.*, 2002); sin embargo, en *M. oleifera* el efecto parece ser



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 3. Porcentaje de germinación final de semillas de *M. oleifera* por efecto de la variedad

más marcado en comparaciones *inter*-genotipo (Toral *et al.*, 2013), pues las comparaciones *intra*-genotipo no han generado correlación definida entre peso de semilla y nivel de germinación (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2018); siendo muy variable el peso de la semilla según la porción del fruto donde sea ubicada (Mora-Cuadrado y García-Rodríguez, 2017).

De manera general se observa que ambas variedades presentaron niveles de germinación por debajo de los estándares de calidad de semillas, Ayala (2015) señala que las semillas utilizadas para la siembra deben presentar un porcentaje de germinación próximo al 100%, con exigencia mínima de germinación de 80%.

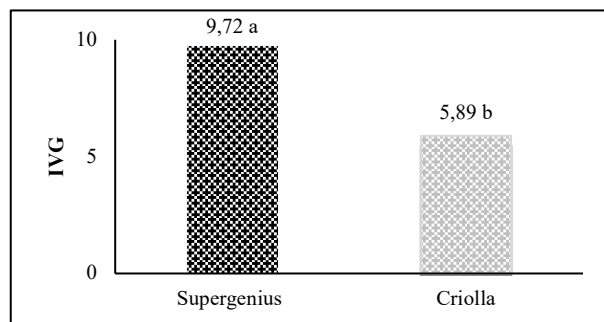
La literatura consultada para *M. oleifera* reporta porcentajes de germinación total muy heterogéneos, con valores que oscilan desde 10 hasta 100%, siendo más frecuentes los rangos por encima de 60% (Moroto *et al.*, 2000; Padilla *et al.*, 2012; Barraza 2017; González-Luna, 2017; Salgado y Salgado, 2017; Valdés-Rodríguez *et al.*, 2018), tal variación es atribuida principalmente a la condición y tiempo post cosecha de almacenamiento de la semilla, que influye de forma considerable en la tasa de germinación final. Ruiz-Pérez *et al.* (2017); al ensayar con semillas almacenadas durante dos meses luego de la cosecha, obtuvo bajos rendimientos de germinación.

Índice de velocidad de germinación: Efecto de la variedad

El análisis de varianza (Cuadro 1) también detectó diferencia significativa entre variedades para la variable – IVG–; la comparación de promedios mostró nuevamente que “Supergenius” difiere estadísticamente de la variedad

“Criolla” que igual presentó el menor valor de índice de velocidad de germinación (Figura 4).

La velocidad de germinación es un parámetro que permi-



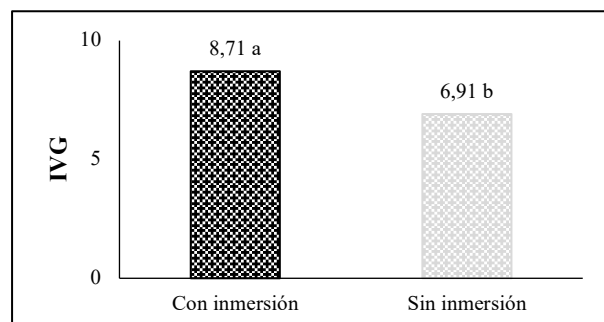
Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 4. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera* por efecto de la variedad

te referenciar y comparar el vigor en lotes de semillas (Espitia *et al.*, 2016), siendo consistente haber obtenido mayor IVG en el material genético Supergenius –con semillas más pesadas– que fisiológicamente se esperaba estuviese mejor preparado para el establecimiento (Galetti *et al.*, 2013), pudiendo ser 65% más rápido en germinación que la variedad “Criolla”.

Índice de velocidad de germinación: Efecto de la inmersión

En el resumen ANAVA (Cuadro 1) se detectó diferencia significativa para el efecto del tratamiento pregerminativo de inmersión en la variable IVG; siendo que, la comparación de los valores promedios muestra que las semillas sometidas a inmersión en agua corriente 12 horas previo a la siembra presentaron mayor índice de velocidad de germinación y difieren estadísticamente de las que no recibieron el tratamiento de inmersión (Figura 5).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

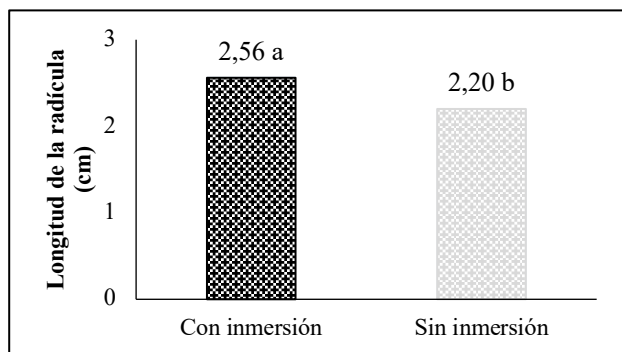
Figura 5. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera* por efecto de la inmersión

De acuerdo a Montejo *et al.* (2002), estos procedimientos activan reacciones metabólicas pregerminativas que aceleran la germinación, la auto reparación enzimática de las membranas celulares y numerosos mecanismos bioquímicos-fisiológicos de tolerancia al estrés ambiental.

Experiencias relacionadas con tratamientos pregerminativos de inmersión en agua a temperatura ambiente sugieren un beneficio al acelerar y uniformizar el proceso de germinación en semillas de árboles forrajeros (Gómez *et al.*, 2009) y forestales (Quinto *et al.*, 2009) y en frutales asociados filogenéticamente al cultivo moringa (Gil y Miranda, 2011).

Longitud de raíces: Efecto de la inmersión

El resumen ANAVA (Cuadro 1) también mostró diferencias significativas en el efecto simple de la inmersión para la variable LRA; donde la comparación de valores promedios muestra que las semillas sometidas a inmersión en agua corriente 12 horas previo a la siembra presentaron mayor longitud de raíces y difieren estadísticamente de las que no recibieron el tratamiento de inmersión (Figura 6).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

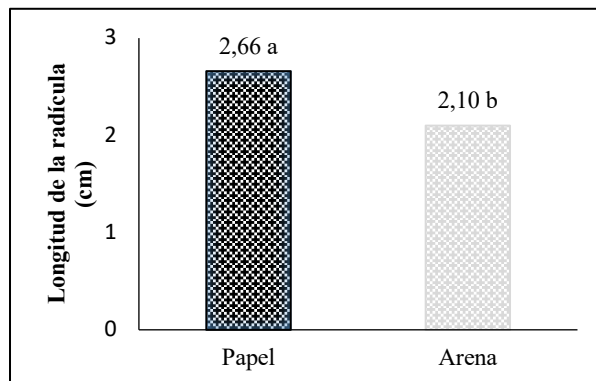
Figura 6. Longitud de la radícula de plántulas de *M. oleifera* por efecto de la inmersión

Evidencias respaldan los efectos favorables del tratamiento pregerminativo en el desarrollo vigoroso de los tejidos iniciales, al ser comparados con grupos experimentales no tratados (Quinto *et al.* 2009; Valle-Moysén *et al.* 2017), siendo en ocasiones incluso un medio para probar el vigor en germoplasmas (Gallo *et al.*, 2019), lo que justifica aún más, el uso de estas técnicas al momento de establecer cultivos por semilla botánica.

Longitud de raíces: Efecto del sustrato

En el resumen ANAVA (Cuadro 1) se detectó diferencias significativas para el efecto sustrato en la variable LRA; siendo que, la comparación de los valores promedios para este efecto muestra que para el sustrato papel se

presentó los mayores valores promedios de longitud de raíz y difieren estadísticamente de los valores obtenidos en la arena (Figura 7).



Medias sugeridas de letras diferentes difieren por la prueba de Tukey a 5% probabilidad.

Figura 7. Longitud de la radícula de plántulas de *M. oleifera* por efecto del sustrato de germinación.

Son notables los efectos limitativos que ejerce el sustrato arena a la semilla de *M. oleifera*, al restringir –por el peso sobre la semilla– la rápida erupción del epicotilo de la plántula; a ello se agrega que, moringa es una planta de crecimiento rápido, pero de estructuras iniciales blandas y muy delicadas, haciéndose conveniente germinarlas en soporte de papel. Aunado a ello, las características intrínsecas de esta semilla indican que, la inmersión ciertamente desempeña un papel particular al favorecer el proceso de la germinación (Montilla-Mota *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Es pertinente, colocar en inmersión por 12 horas las semillas de las variedades “Supergenius” y “Criolla” de moringa, previas a la realización de la prueba de germinación.

El sustrato papel, es el adecuado para realizar pruebas de germinación en semillas de moringa, de ambas variedades.

LITERATURA CITADA

- Aparicio-Rentería, A; Cruz-Jiménez H y Alba-Landa J. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch et Cham, *Pinus montezumae* Lamb y *Pinus pseudostrobus* Lindl en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*, 1(2):31-34.
- Barraza, F. 2017. Germinación de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en diferentes tiempos de imbibición en agua. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1):71-77.
- Bolarinwa, I; Aruna, T; Raji, A. 2017. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa

- seed powder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>.
- Bonal, R. R.; Rivera, O. R.; Bolívar, C. M. 2012. *Moringa oleifera*: una opción saludable para el bienestar. Revista MEDISAN, 16(10):1596-1599.
- Carballo, N. 2011. Revisión Moringa. *Moringa oleifera*. Lam, el árbol de la vida. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en: <http://www.es.scribd.com/doc/93794961/Revision-Moringa>.
- CLIMATE-DATA.ORG. 2020. DATOS CLIMÁTICOS MUNDIALES (en línea). Consultado 10 ene. 2021. Disponible en: <https://es.climate-data.org/>
- Contreras-Cisneros, A; Trejo-Calzada, R; Reveles-Hernández, M; Ruiz-Torres, J; Pedroza-Sandoval, A; Ramos-Salazar, G; Sáenz-Ríos, P. 2013. Evaluación de la germinación de tres genotipos de moringa (*Moringa oleifera* Lam) en la comarca lagunera. Artículo en extenso. Congresos I Internacional, IX Nacional REBIZA y VI Nacional orégano y otras aromáticas. Universidad autónoma Chapingo, México. 118-125.
- COOPI. 2011. Comer del monte: La *Moringa oleifera* un árbol multiuso para el Chaco Central. Obtenido de Cooperación Internacional - Paraguay: <http://www.desaprender.org/fileSendAction/fcType/5/fcOid/447440695142977788/fodoid/447440695142977787/Moringa%20Oleifera.pdf>
- De la Cruz, Y. 2017. Determinación de la viabilidad de semilla de *Moringa oleifera* Lam con tres diferentes contenidos de humedad durante cuatro meses en Pucallpa. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ucayali.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales 31(1):74-85.
- Escobar, R. 1978. Comparación de algunos métodos para la evaluación de la germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Costarricense*, 7-11.
- Espitia, M.; Cardona, C.; Araméndiz, H. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient., 19(2):307-315.
- Galetti, M; Guevara R; Côrtes M; Fadini R; Von Matter S; Leite A. LaBecca F; Ribeiro T; Carvalho C; Jordano P. 2013. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1233774>.
- Gallo, C; Arango, M; Craviotto, R; Cipollone, N; Pebacini, L; Miguez, L. 2019. Prueba de inmersión en agua en semillas de maíz para determinar el Vigor. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-oliveros.prueba-inmersion-agua-semillas-maiz-para-determinar-vigor.pdf>.
- García, D. E; Medina, M. G; Moratinos, P; Torres, A; Cova, L. J; Perdomo, D; Santos, O. 2009. Potencial forrajero para cabras de veinte especies leñosas en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 27(3):221-232.
- Gil, A. I., & Miranda, D. 2011. Efecto de la temperatura, inmersión en agua y concentración de fitoreguladores sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(1): 9–20. <https://doi.org/10.17584/rceh.2008v2i1.1169>
- Gómez, I, Olivera, Yuseika, & Botello, A. 2009. Efecto de diferentes métodos de escarificación en la emergencia de semillas frescas de *Samanea saman* (algarrobo). *Pastos y Forrajes*, 32(4):1. Recuperado en 21 de diciembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000400004&lng=es&tlng=es.
- González-Luna, H. 2017. Evaluación del comportamiento de siete progenies de *Moringa oleifera* Lam, en condiciones de plantación en la finca Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias en Manejo y conservación de los recursos naturales renovables. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 36p.
- Guevara, E; Herrera, J y Alizaga, R. 1997. Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café caturra. *Agronomía Costarricense*, 21(2):207-216.
- Hacisalihoglu, G. y Ross, Z. 2010. The influence of priming on germination and soil emergence of non-aged and aged annual ryegrass seeds. *Seed Science Technology*, 38:214-217
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA-. 2014. Rules proposals for the international rules for seed testing. Executive Committee. Bassersdorf, Switzerland. 53p.

- Liñan, F. 2010. *Moringa oleifera*. El árbol de la nutrición. CSV, 2(1):130-138.
- Londoño, P. y Mieres-Pitre, A. 2009. Caracterización físico-química de semillas de *Moringa oleifera*. Tomo II, VI Congreso de investigación. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 1399p.
- Luna, C. 2019. Establecimiento de un método eficiente de estandarización de la germinación in vitro de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Acta Botánica Mexicana* 126: e1496 | 2019 | 10.21829/abm126.2019.1496.
- Méndez-Natera, J; Moreno, M y Moya, J. 2009. Efecto de diferentes combinaciones de sustratos (arena, suelo y/o bagazo de caña de azúcar) sobre la germinación de semillas y altura de plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista UDO Agrícola*, 9(1):121-125.
- Montejo, L; Sánchez, J; Muñoz, B. 2002. Incremento de la germinación en semillas de fruta bomba por aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. *Cultivos Tropicales*, 23(4):27-31.
- Montilla-Mota, JJ; Amundaray, WG; Gutiérrez, EC; Fernández-Jiménez, HG; Jiménez-Francisco, RA. 2017. Tratamientos pregerminativos en semillas de moringa y su efecto en variables agronómicas. *Pastos y Forrajes*, 40(3):188-194.
- Mora-Cuadrado, R. y García-Rodríguez, J. 2017. Características físicas, capacidad de germinación y crecimiento en vivero de la *M. oleifera* Lam, bajo cuatro sustratos en el municipio de Turbo. (En línea). Consultado el 15 de oct. 2014. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13840>
- Moroto, L; Cruz, E; Francaise, E; Driesche, V; Beckmans, S; Manso, M.J; Lazo, L; Rios C. y Machado. J.M. 2000. *Moringa oleifera* Lam. (Pterigosperma): Consideraciones sobre la presencia de lectinas. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y Arbustos en la ganadería Tropical". Tomo I. Est. Exp. Pastos y Forrajes, Matanzas, Cuba. pp. 215-217.
- Mubvuma, M; Mapanda, S; Mashonjowa, E. 2013. Effect of storage temperature and duration on germination of moringa seeds (*Moringa oleifera*). *Greener J. Agr. Sci.*, 3(5):427-432.
- Nouman, W; Siddiqui, MT; Basra S, MA; Afzal, I; Rehman, H. 2012. Enhancement of emergence potential and stand establishment of *Moringa oleifera* Lam. by seed priming. *Turkey Journal Agricultural and Forest*, 36:227-235.
- Ontiveros, Y; Garcia, D y Loiret, F. 2021. Evaluación del efecto de dos sustratos em el desarrollo de *Moringa oleifera* Lam (moringa) (Fam: Moringaceae) en condiciones de vivero. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2):1-11.
- Padilla, C; Fraga, N; Suárez, M. 2012. Efecto del tiempo de remojo de las semillas de moringa (*Moringa oleifera*) en el comportamiento de la germinación y en indicadores del crecimiento de la planta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4):419-421
- Pascua, G. K. 2014. Ensayo de cuatro procedencias de Marango (*Moringa oleifera* Lam.) en la Finca Santa Rosa Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Tesis Ing. Forestal. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 34 p. (en línea). Consultado 13 ene. 2021. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10p281.pdf>.
- Pérez, R. 2011. *Moringa oleifera*: Una alternativa forrajera para la producción de ovinos. México, Universidad Autónoma de Sinaloa. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327349981_Moringa_oleifera_una_alternativa_forrajera_para_ovinos
- Pire, R y Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. *Propuesta metodológica*. *Bioagro*, 15(1):55-63.
- Quinto, L.; Martínez-Hernández, P; Pimentel-Bribiesca, L.; Rodríguez-Trejo, D. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1):23-28. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n1/v15n1a3.pdf>
- Rendón, J; García, B; Cuesta, Y; Areas, Y. 2002. Correlación entre el tamaño de la semilla, la dormancia, la germinación y el vigor de las plántulas de *Calophyllum pinetorum*. *Rev. Jar. Bot. Nac.*, 23(1):75-84.
- Romero-Marcano, G., Silva-Acuña, R. y Sánchez-Cuevas, M. 2018. Tipos de sustrato y frecuencias de riego sobre características agronómicas de la moringa (*Moringa oleifera* Lamark) cv. Super Genius en condiciones de vivero. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 30:228-237.

- Ruiz-Pérez, A; Araméndiz-Tatis, H; Cardona-Ayala, C. 2017. Efecto del almacenamiento en la calidad fisiológica de semilla de Moringa (*Moringa oleifera* Lam). *Rev. UDCA Act. Div. Cient.*, 20(1):79-89.
- Salgado, C; Juarez, A y Salgado, C. M.D. 2017. Germinación de la semilla de marango (*Moringa oleifera* Lam.) a diferentes edades y aplicación de tratamientos pre-germinativos. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Trabajo de Graduación, Managua, Nicaragua. 28p.
- Santos, A; Renata, S; Robério, A; Alexandro, S. 2011. Water pre-hydration as priming for *Moringa oleifera* Lam. Seeds under salt stress. *Tropical Subtropical Agroecosystems*, 14:201-207.
- Toral, O; Reino, J; Santana, H y Cerezo, Y. 2013. Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. *Pastos y Forrajes*, 36(4):409-416.
- Valdés-Rodríguez, O; Pérez-Vásquez, A; Muñoz-Gamboa, C. 2018. Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de *Moringa* y *Ricinus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7):1411-1422.
- Valdivia, G; Pérez, H; Ochoa, G; Vargas, S; Mendoza, C. 2010. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. (En línea). Consultado el 4 marzo 2015. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artext&pid=S1405-04712011000100005
- Valle Moysén, R; Covarrubias Prieto, J; Ramírez Pimentel, J; Aguirre Mancilla, C; Iturriaga de la Fuente, G; Raya Pérez, J. 2017. Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 307-319. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.52>.
- Villarreal, G y Ortega, A. 2014. Revisión de las características y usos de la planta *Moringa oleifera*. Universidad de Cartagena. *Investigación & desarrollo*, 22(2):309-330.