

Variaciones morfométricas de semillas y alternativas físico-químicas en la germinación de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

Morphometric variations of seeds and physical-chemical alternatives in the germination of tamarind (*Tamarindus indica* L.)

Jenry Hernández Murillo¹; Camilo Iguaran Díaz¹
Hermes Aramendiz Tatis^{1*}; Miguel Espitia Camacho¹; Carlos Cardona Ayala¹

Recibido para publicación: septiembre 09 de 2021- Aceptado para publicación: octubre 04 de 2021

RESUMEN

La semilla de tamarindo (*T. indica* L.) presenta baja tasa de germinación debido a la dureza de la cubierta o cierto grado de impermeabilidad de esta, que limita imbibición y la protrusión uniforme de la radícula, lo cual conduce a la formación de plántulas con desigual crecimiento y desarrollo en los viveros. El objetivo de estudio fue identificar alternativas económicas y amigables con el ambiente, que permitan una germinación rápida con el fin de romper la dormancia. Para el estudio, se midieron las características morfométricas de 100 semillas de frutos colectados en el área de Montería, bajo un diseño de bloque completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones; cada unidad experimental estuvo conformada por 20 semillas. Los datos mostraron que las semillas son variables en su morfología, especialmente la longitud, ancho y espesor de la semilla. El tratamiento en agua caliente no promovió la germinación de la semilla. La inmersión de las semillas durante 24 horas en estiércol y orina de bovino, permitió la germinación en 11,40 y 11,80 días, con respecto al testigo, con registros de emergencia de 81 y 84 %, respectivamente.

Palabras clave: Lixiviados; Radícula; Viabilidad; Vigor.

ABSTRACT

The tamarind seed (*T. indica* L.) has a low germination rate due to the hard coats or some degree of impermeability, which limits imbibition and uniform root protrusion leading to uneven growth and development of seedlings in nurseries. The objective of the study was to identify economic and environmentally friendly alternatives to allow a rapid germination to break down dormancy. Morphometric characteristics of 100 fruit seeds collected in the Montería area were measured using a randomized complete block design with five treatments and five replicate; each experimental unit consisted of 20 seeds. Data showed seeds are variable in morphology, especially length, width, and thickness. Hot water treatment did promote seed germination. Seed sowing in cattle manure and urine for 24 hours, promote germination at 11,40 and 11,80 days, with 81 and 84 % seedling emergency, respectively.

Key words: Leachate; Root; Viability; Vigor.

Cómo citar

Hernández Murillo, J., Iguaran Díaz, C., Aramendiz Tatis, H., Espitia Camacho, M. y Cardona Ayala, C. 2021. Variaciones morfométricas de semillas y alternativas físico-químicas en la germinación de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). *Temas Agrarios* 26(2): 160-169.

<https://doi.org/10.21897/ta.v26i2.2779>



Temas Agrarios 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

INTRODUCCIÓN

El tamarindo, científicamente conocido como *Tamarindus indica* L., es un árbol leguminoso que pertenece a la familia Fabaceae; es nativo de las regiones tropicales secas de África y probablemente de algunas partes del sur de la India (Patel *et al.*, 2018). Por ser un árbol de regiones de clima tropical, puede florecer bajo una temperatura anual máxima que varía de 33-37 ° C a un mínimo de 9,5 - 20°C (Rahman, 2020). En Colombia se encuentra como frutal de patio y en algunos lugares del departamento del Atlántico, como cultivos no tecnificados, cuyos frutos varían desde el sabor ácido hasta dulce. El fruto es una vaina alargada con semillas leñosas y quebradizas rodeadas de una pulpa color marrón (Kaur y Singh, 2016), las cuales son cosechadas en la estación seca del año; la pulpa es utilizada en la elaboración de jugos, jaleas, dulces, refrescos, aderezos, postres y hasta en cocteles, convirtiéndose en una importante alternativa de ingresos en familias de bajos ingresos.

La dormancia es un período de reposo fisiológico que no ocurre en semillas recalcitrantes, es variable de acuerdo con la especie y las condiciones ambientales de posmaduración, típico de organismos o estructuras anidrobióticas, como las semillas, esporas y granos de polen, donde prevalece el bajo consumo de agua, reducción de la actividad enzimática y de la biosíntesis de proteína, las semillas permanecen con bajo contenido de agua y son identificadas como quiescentes (Marcos-Filho, 2015), lo cual sirve de protección a las semillas de condiciones desfavorables como frío o calor para evitar daño o muerte del embrión viable. En este sentido, existe la dormancia impuesta por tres factores: 1. Factores ambientales, como luz, temperatura y ausencia de agua, 2. Factores internos de la semilla como concentración de etileno, embrión inmaduro, concentración

de inhibidores y ausencia de promotores de crecimiento y 3. Mecanismo de sincronización, posmaduración, inhibidores que bloquean y síntesis del crecimiento (Monteón-Ojeda *et al.*, 2021).

La germinación de las semillas se considera una etapa vital y susceptible en el ciclo de vida de las angiospermas terrestres que determina el establecimiento de las plántulas y el crecimiento de las plantas (Saeb *et al.*, 2013). Desde el punto de vista botánico-fisiológico, se considera la protrusión de la radícula del embrión y para la tecnología de semillas, la germinación considera la formación de la plántula (Marcos-Filho, 2015).

Las semillas de *T. indica*, se consideran dormantes por dos razones de acuerdo con Yusuf *et al.* (2019), una es debido a la presencia de embriones inmaduros y la segunda, a la presencia de tegumento impermeable para la absorción del agua. Esta situación hace que el proceso de germinación de las semillas latentes sea mucho más lento y no uniforme, ya que las condiciones necesarias para terminar su dormancia en condiciones naturales requieren mucho tiempo y bajo las condiciones del Caribe puede tardar hasta 30 días, lo cual incide en la eficiencia de los viveros y establecimiento de plantaciones, dada la importancia de este árbol polivalente, con uso potencial en la agrosilvicultura, ya que posee la capacidad de fijar nitrógeno, su tolerancia a suelos infértiles, a períodos prolongados de sequía y su utilidad en el control de la erosión (Rahman, 2020).

Investigaciones realizadas previamente resaltan el uso de diversos métodos para romper la dormancia y estimular la germinación, que involucran compuestos químicos como ácido sulfúrico, metanol, mezclas de ácidos e incluso el agua caliente, con respuesta favorable (Fandohan *et al.*, 2010). Estos métodos pueden generar riesgos y perjuicios

para la salud de las personas encargadas de implementarlos, además de resultar costosos. Por otra parte, Rahman (2020), recomienda la inmersión en estiércol bovino por 48 horas para estimular la germinación y producción de biomasa, ya que esta contiene carbohidratos, proteínas y lípidos que durante la hidrólisis y acidogénesis, producen alcohol, ácido láctico y compuestos minerales, que estimulen la emergencia (Cavalcante *et al.*, 2019). El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente e identificar métodos alternativos de escarificación de la semilla de tamarindo, económicos y amigables con el ambiente con el fin de mejorar la germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de semillas y localización

Las semillas de *T. indica* fueron obtenidas de frutos maduros colectados de árboles de patio cosechados al azar del área rural de Montería-Colombia a inicios del 2021. Estas se separaron de la pulpa, se tamizaron para separar las dañadas, se secaron al aire y se mantuvieron en empaque plástico y se almacenaron a temperatura de 10°C (Bahru *et al.*, 2014), hasta la realización del experimento, cuatro meses después. Antes de realizar la caracterización morfológica y la evaluación de tratamientos pregerminativos para romper la dormancia, las semillas fueron desinfectadas por inmersión en hipoclorito de sodio al 1% por un minuto, luego lavadas con abundante agua destilada para retirar el hipoclorito de sodio que pudiese quedar en las semillas y finalmente, secadas al aire libre (Moreno *et al.*, 2013), para evitar daños en la anatomía interna (Jesús *et al.*, 2016).

El estudio se realizó en las instalaciones del laboratorio de genética y fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba, Colombia, entre el 01 de agosto y 30 de septiembre de 2021.

Características morfométricas

En una muestra de 100 semillas tomadas al azar, se midieron las siguientes características morfométricas: longitud de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS) y espesor de la semilla (ES), con un nonio o vernier, en centímetros; peso de una semilla (P1S) como el promedio, en gramos, dividido por el número de ellas (P100S)/100, con una balanza analítica Ohaus de cuatro dígitos; volumen de una semilla (V1S) como el incremento promedio en volumen que se genera en una probeta, con volumen de agua destilada conocido, al introducir 10 semillas tomadas al azar y replicada 10 veces, determinado en ml; y la densidad de una semilla (D1S), como la relación P1S/V1S, en g/ml.

Para cada característica biométrica se estimaron medidas de tendencia central. Se estimaron distribuciones de frecuencia, medidas de tendencia central y medidas de variabilidad. Adicionalmente, se estimaron correlaciones entre las características biométricas. Dado que las variables ES, P1S, V1S y D1S no presentaron distribución normal con datos originales y transformados se optó por la estimación de los coeficientes de correlación de Spearman, siguiendo la metodología de Silva *et al.* (2021).

Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos en *T. indica*

Para evaluar la dormancia de las semillas de tamarindo, bajo condiciones de ambientales no controladas en casa de malla, un total de 500 semillas sanas fueron divididas en grupos de 100 semillas por tratamiento, para un total de cinco tratamientos, de los cuales cuatro se consideran como pregerminativos, bajo la siguiente estructura:

T1: testigo (sin tratamiento)

T2: inmersión en agua potable caliente en punto de ebullición a 98°C por 60 segundos.

T3: inmersión en solución de estiércol fresco de bovino en pastoreo (500 gramos en 10 litros de agua) por 24 horas, el cual fue obtenido durante el ordeño.

T4: inmersión en solución de orina fresca de bovino (500 ml en 10 litros de agua) por 24 horas, obtenida durante el ordeño.

T5: escarificación de 1 mm de espesor con lija de agua # 60 por ambas caras.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por 20 semillas sembradas en bolsas plásticas de 15 cm de longitud por 8 cm de diámetro, con la siguiente mezcla de sustratos: arena, cascarilla de arroz y aluivión en proporción 1:1:1, caracterizada por su alta retención de agua y su capacidad de aireación. El riego se realizó cada dos días, entre las 11:00 am y 12:00 m.

Variables de respuesta

Emergencia: se hizo conteo diario de las semillas germinadas hasta el día 25, se consideró como semillas germinadas aquellas que presentaron los dos cotiledones por encima del sustrato.

Porcentaje de emergencia: se realizó el conteo del número de semillas emergidas hasta el día 25.

Índice de velocidad de emergencia: se realizó simultáneamente con la germinación,

empleando la ecuación (1), recomendada por Maguire (1962).

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{t_i} \quad (1)$$

Donde, p_i es el número de plántulas normales germinadas por día; t_i es el número de días transcurridos desde la siembra; i es el número de conteos, $i=1,2, 3, \dots, n$.

Número de hojas por planta: se tomó el promedio del número de hojas por plántula, en 10 plántulas tomadas al azar el día 25.

Altura de plántula (cm): se midió la altura en 10 plántulas tomadas al azar desde su base hasta el meristemo terminal y se promedió.

Peso seco de plántula (g): Se realizó de manera conjunta con el índice de velocidad de germinación, para ello 10 plántulas normales, de cada repetición, fueron sometidas a secamiento por 72 horas en estufa con aire circulante a 60°C (Fernanda Da Motta *et al.*, 2017) hasta alcanzar el peso constante (en gramos), medido en una balanza de precisión de dos decimales.

Peso de 20 semillas: se contaron y pesaron las 20 semillas antes de la aplicación del tratamiento en una balanza de precisión de dos decimales.

Los datos de cada variable fueron sometidos a análisis de varianza para cuatro tratamientos, debido a que en el tratamiento de inmersión en agua caliente no se presentó emergencia. Se utilizó la prueba de comparación múltiple Tukey al 5% de probabilidad, cuando el anava presentó la prueba F significativa, previo cumplimiento de los supuestos de la estadística paramétrica. Se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas

Los datos biométricos de las semillas de *T. indica* se muestran en la tabla 1, se evidenció la existencia de una gran variación en las características de la semilla, especialmente en la longitud de la semilla, ancho de la semilla y espesor de la semilla, que acusaron registros superiores a los reportados por Silva *et al.* (2021), con coeficientes de variación comprendidos entre 9,30 a 12,84%. Posiblemente esta variación morfológica, obedezca a diferencias genéticas y efectos ambientales dada la naturaleza de ser

caracteres cuantitativos. Además, entre un 70 y 80%, la estructura de la semilla de tamarindo está compuesta por el endospermo, rico en carbohidratos, proteína, lípidos y aminoácidos, por lo que se ha sugerido que el tamaño de las partículas de almidón, la estructura de los gránulos y contenido de amilosa inciden mucho en la morfología de la semilla (Kaur y Singh, 2016).

El peso, volumen y densidad de una semilla fueron mucho más homogéneos, por registrar menor desviación con respecto a la media y coeficientes de variación que oscilaron entre 5,35 y 9 % (Tabla 1).

Tabla 1. Características morfológicas de semillas de tamarindo, evaluadas a partir de una muestra regional del municipio de Montería (n=100).

Variable	Media	Mediana	D.E.	CV (%)	Mín.	Máx.	Q1	Q3
LS (cm)	1,43	1,45	0,13	9,30	1,07	1,74	1,34	1,51
AS (cm)	1,12	1,12	0,14	12,84	0,79	1,45	1,04	1,23
ES (cm)	0,76	0,75	0,08	10,55	0,60	1,13	0,71	0,80
P1S (g)	0,78	0,77	0,04	5,35	0,71	0,84	0,75	0,81
V1S (ml)	0,74	0,75	0,07	9,01	0,60	0,80	0,70	0,80
D1S	0,11	0,11	0,01	8,30	0,09	0,12	0,10	0,11

LS= longitud de la semilla, AS= ancho de la semilla, ES= espesor de la semilla, P1S= peso de una semilla, V1S= volumen de una semilla, D1S= densidad de una semilla, D.E.= desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación, Mín.=valor mínimo, Máx.= valor máximo, Q1= primer cuartil, Q3=tercer cuartil.

De acuerdo con los coeficientes de correlación de Spearman (Tabla 2), la longitud de la semilla registró correlación positiva y altamente significativa con el ancho de la semilla, resultados coherentes con Silva *et al.* (2021), y ello implica que frutos con semillas de mayor longitud tengan una mayor cantidad de pulpa aprovechable; correlación positiva y altamente significativa entre el peso de una semilla con el volumen de una semilla, lo que es positivo por ser semillas bien formadas, embriones maduros con mayor capacidad de germinación, para obtener plántulas vigorosas (Sarmiento *et al.*, 2018) y correlación negativa y altamente significativa entre el volumen de

una semilla y densidad de una semilla, por lo que la selección en favor de una, causa detrimento de la otra (Espitia-Camacho *et al.*, 2021), tal vez por tener cotiledones con menor peso.

Las otras variables no presentaron grados de asociación significativos, lo que posiblemente obedezca a un control genético por genes que actúan independientemente y/o por el efecto de otras variables que enmascaran el verdadero nivel de correlación entre dichos caracteres como lo sostienen Hang-Vu *et al.* (2019) y Balaguera-López *et al.* (2020).

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman para características biométricas de semillas de tamarindo.

Variables	AS	ES	P1S	V1S	D1S
LS	0,432**	-0,138 ^{ns}	0,106 ^{ns}	0,044 ^{ns}	0,005 ^{ns}
AS		-0,170 ^{ns}	0,041 ^{ns}	-0,079 ^{ns}	0,090 ^{ns}
ES			0,034 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,008 ^{ns}
P1S				0,449**	0,061 ^{ns}
V1S					-0,907**

LS= longitud de la semilla, AS= ancho de la semilla, ES= espesor de la semilla, P1S= peso de una semilla, V1S= volumen de una semilla, D1S= densidad de una semilla, **=significativo ($p<0,01$), ns= no significativo ($p\leq 0,05$).

Tratamientos pregerminativos

El análisis de varianza para los tratamientos pregerminativos y el testigo se encuentran en la tabla 3 y éstos acusaron diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio. Los métodos en los que se utilizaron estiércol y orina de bovino y la escarificación con lija superaron al testigo y fueron eficientes para romper la dormancia (Tabla 4), lo cual es concordante con los resultados reportados por Patel *et al.* (2018), Gomes *et al.* (2019) y Rahman (2020), quienes usaron otras sustancias como ácido nítrico, metanol, ácido clorhídrico, ácido giberélico y ácido sulfúrico e indica que las semillas de tamarindo, necesitan de pretratamiento para acelerar la emergencia. Los métodos alternativos probados tienen la ventaja de ser menos dispendiosos en su aplicación y de menor impacto ambiental y, además, se corrobora la necesidad de utilización de un mecanismo de escarificación (Urrea-Galeano *et al.*, 2018).

El tratamiento de inmersión de las semillas en agua caliente por 60 segundos no tuvo efecto positivo, ya que no registró emergencia, posiblemente por el nivel temperatura (98°C),

utilizado que pudo causó daños al embrión, resultado similar al reportado por Fandohan *et al.* (2010), pero contrario al de Muhammad y Amusa (2003) y Bello y Gada (2015), quienes reportaron porcentajes de 20 y 80% después de 21 y 12 días de siembra, respectivamente.

Con la escarificación mecánica con lija se inició la emergencia más temprano, aproximadamente ocho días y alcanzó cerca del 70% de emergencia, lo cual concuerda con los resultados de Segato *et al.* (2017), quienes expresan que una escarificación excesiva, puede causar daño en la semilla e influir negativamente en la germinación o en la formación de plántulas menos vigorosas (Gomes *et al.*, 2019); el tratamiento testigo inició emergencia a los 19 días y alcanzó 50% de emergencia, mientras que los tratamientos basados en orina y estiércol de bovino, aproximadamente 12 días, y alcanzaron emergencias por encima del 80% (Tabla 4). Se ha reportado que la dureza e impermeabilidad de la testa depende de la región de donde provengan dichas semillas, ya que en ambientes más secos la dormancia física es mayor (Fandohan *et al.*, 2010). Por otro lado, las excretas bovinas facilitan la absorción del agua por parte de las células

y su turgencia (Ismael *et al.*, 2021), lo que asociado con la actividad enzimática y metabólica (Monteón-Ojeda *et al.*, 2021), causan rompimiento de la cubierta seminal, facilitando la salida de la plúmula y radícula (Bello y Gada, 2015) y absorción de los macro y micronutrientes que favorecen la emergencia (Cavalcante *et al.*, 2019) y con ello, el crecimiento de la plántula

El índice de velocidad de germinación (IVG) resultó similar en los tratamientos pregerminativos y fueron dos veces más

altos, que en el testigo (Tabla 4). La escarificación química producida por los ácidos de los rumiantes (Urrea-Galeano *et al.*, 2018; Rahman, 2020) y por otro lado, la escarificación mecánica con lija, permiten una emergencia mucho más rápida al deteriorar los tegumentos y, por consiguiente, facilitar la absorción del agua y promover la actividad enzimática, movilización de azúcares e hidrólisis de proteínas que finalmente conducen a la germinación y emergencia, evidenciada en la protrusión de la raíz y plúmula, el crecimiento y el vigor de la plántula

Tabla 3. Cuadrados medios para días a emergencia (DE), porcentaje de emergencia (%EMERG), índice de velocidad de germinación (IVG), número de hojas (NH), altura de plántula (AP), masa seca (MSP) y peso de semillas (PSEM).

FUENTE DE VARIACION	G.L.	DE	%EMERG.	IVG	NH	AP	MSP	PSEM
BLOQUES	4	1,42	51,87	0,05	0,04	0,03	0,06	0,70
TRATAMIENTOS	3	93,53**	1208,33**	1,01**	0,81**	15,86**	1,18**	16,33**
ERROR	12	0,82	159,37	0,07	0,02	0,91	0,11	0,97
MEDIA		12,30	70,5	1,39	2,91	13,76	3,01	18,33
C.V. (%)		7,38	17,9	19,58	5,54	6,94	11,23	5,38
R2		0,96	0,67	0,78	0,89	0,81	0,73	0,81

*: significativo con $p < 0,05$; **: altamente significativo con $p < 0,001$; G.L.: Grados de libertad; C.V.: coeficiente de variación; R2: coeficiente de determinación.

Tabla 4. Promedios de días a emergencia (DE), porcentaje de emergencia (%EMERG), índice de velocidad de germinación (IVG), número de hojas (NH), altura de plántula (AP), masa seca (MSP) y peso de semillas (PSEM).

TRATAMIENTOS	DE	%EMERG.	IVG	NH	AP	MSP	PSEM
TESTIGO	18,20 a	50,0 b	0,74 b	2,3 c	11,1 b	2,34 b	16,3 b
ESTIERCOL BOVINO	11,80 b	84,0 a	1,54 a	3,0 ab	14,2 a	2,98 a	19,9 a
ORINA BOVINO	11,40 b	81,0 a	1,50 a	2,9 b	14,7 a	3,45 a	19,7 a
ESCARIFICADA	7,80 c	67,0 ab	1,78 a	3,3 a	15,0 a	3,29 a	17,3 b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas entre medias ($P \leq 0,05$). según la prueba Tukey.

(Patel *et al.*, 2018).

Los valores de IVG en los tratamientos pregerminativos evaluados están por encima de 1,50 plántulas/día, registros superiores a los reportados previamente por Vasantha *et al.* (2014), lo cual es una ventaja ya que es posible obtener una mayor cantidad de plántulas uniformes y en menor tiempo. Al facilitarse la imbibición de las semillas con los métodos de inmersión en solución de estiércol y orina de bovino, asimilados al concepto de escarificación química, y la escarificación mecánica con lija, en la fase uno de la germinación, se da una rápida entrada de agua en función de la diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el sustrato (Gordin *et al.*, 2012). A pesar de los buenos resultados, la escarificación con lija es un proceso mecánico dispendioso, lento y de mayor costo; por lo que el uso de estiércol y orina de bovino resultan mucho más favorables.

La emergencia temprana en los tratamientos basados en escarificación física y química permite un rápido aprovechamiento de carbohidratos, lípidos, proteínas, auxinas y aminoácidos presentes en las semillas (Kaur y Singh, 2016). Por un lado, las proteínas se utilizan para la producción de nuevos tejidos y las auxinas promueven el crecimiento (Patel *et al.*, 2018). En este experimento, las plantas desarrollaron un mayor número de hojas que mediante el proceso fotosintético contribuyeron a la formación de plantas de mayor altura y acumulación de masa seca superando al testigo (Tabla 4). Resultados similares fueron registrados por Sodimu *et al.* (2020), con estiércol bovino.

CONCLUSIONES

Los tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica con lija y química con inmersiones en soluciones de estiércol orina de bovino resultaron efectivos para romper la dormancia de la semilla de tamarindo. El

uso de estiércol y orina de bovino presentan significativas ventajas, por ser de bajo costo y menos dispendioso.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que es un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito

REFERENCIAS

Bahru, T., Eshete, A., Mulatu, Y., Kebede, Y., Tadesse, W., Mohammed, O. and Dejene, T. 2014. Effect of provenances on seed germination, early survival and growth performance of *Tamarindus indica* L. in Ethiopia: a key multipurpose species. *Advances in Materials Science and Engineering: An International Journal* 1 (1):1-8.

Balaguera-López, H.E., Fischer, G. and Magnitskiy, S. 2020. Seed-fruit relationships in fleshy fruit species: Role of hormones. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 14(1):90-103.
<https://doi.org/10.17584/rch.2020v14i1.10921>

Bello, A. G. and Gada, Z. Y. 2015. Germination and Early Growth Assessment of *Tamarindus indica* Lin Sokoto State, Nigeria. *International Journal of Forestry Research*, 2015, 1–5. [10.1155/2015/634108](https://doi.org/10.1155/2015/634108)

Cavalcante, L.F., Bezerra, F.T., Souto, A.G., Bezerra, M.A., Lima, G.S., Gheyi, H.S., Ferreira, J.F. and Cavalcante, M.Z. 2019. Biofertilizers in horticultural crops. *Comunicata Scientiae Horticultural Journal*. 10 (4): 415-428.
<https://doi.org/10.14295/CS.v10i4.3058>

- Espitia-Camacho, M.M., Araméndiz-Tatis, H. and Cardona-Ayala, C.E. 2021.** Correlaciones y análisis de sendero entre características del fruto y la semilla de *Benincasa hispida* [(Thunb.) Cogn. *Temas Agrarios* 26(1): 36-45.
<https://doi.org/10.21897/rta.v26i1.2557>
- Fandohan, B., Assogbadjo, A., Kakaï, R. and Sinsin, B. 2010.** Variation in seed morphometric traits, germination and early seedling growth performances of *Tamarindus indica* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4): 1102-1109.
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63047>
- Fernanda da Motta, X., Eberhardt, P.E., Almeida, A., MartinS, A., Carvalho, I. and Tunes, L. 2017.** Teste de condutividade elétrica em sementes de feijão miúdo (*Vigna unguiculata*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.* 12(2): 204-209.
<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i2.4295>
- Gomes, C.D., De Sa, J.M., Rodrigues, M.H., De Oliveira Sousa, V. and Bomfim. 2019.** Production of *Tamarindus indica* L. seedlings submitted to substrates and pre-germination methods. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia,* 49: e54029.
<https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954029>
- Gordin, S.R.B., Marques, R.F., Masseto, T.E. and Scalon, S. 2012.** Germinação, biometria de sementes e morfologia de plântulas de *Guizotia abyssinica* Cass. *Revista Brasileira de Sementes.* 34 (4):619 – 627.
<https://doi.org/10.1590/s0101-31222012000400013>
- Hang-Vu, T.T., Cham-Le, T.T., Hoa-Vu, D., Nguyen, T.T. and Pham, T.G. 2019.** Correlations and Path Coefficients for Yield Related Traits in Soybean Progenies. *Asian J Crop Sci.* 11(1):32-39.
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.425.438>
- Ismael, F., Ndayiragije, A. and Fangueiro, D. 2021.** New Fertilizer Strategies Combining Manure and Urea for Improved Rice Growth in Mozambique. *New Fertilizer Strategies Combining Manure and Urea for Improved Rice Growth in Mozambique. Agronomy.* 11, 783.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11040783>
- Jesús, V.A.M., Araújo, E.F., Neves, A.A., Santos, F.L., Dias, L.A. and Silva, R.F. 2016.** Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. *Journal of Seed Science* 38(1):057-061.
<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n1151150>
- Kaur, M. and Singh, S. 2016.** Physicochemical, Morphological, Pasting, and Rheological Properties of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Kernel Starch. *International Journal of Food Properties,* 19:2432–2442.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1121495>
- Maguire, J. D. 1962.** Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.,* 2: 176-177.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Marcos-Filho, J.C. 2015.** Fisiología de sementes de plantas cultivadas. 2.ed. Londrina-Paraná. ABRATES.660p.
- Monteón-Ojeda, A., Piedragil-Ocampo, B., García-Escamilla, P., Durán-Trujillo, D. and Romero-Rosales, T. 2021.** Effect of imbibition treatments on the germination of *Stenocereus zopilotensis* (Cactaceae) native from Guerrero, Mexico. *Terra Latinoamericana* 39: 1-8.
<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.827>

- Moreno, N.E., Miranda, D. and Martínez, F.E. 2013.** Germination of sugar apple (*Annona squamosa* L.) seeds submitted to stratification. *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 7(1):20-30.
- Muhammad, S. and Amusa, N.A. 2003.** Effects of sulphuric acid and hot water treatments on seed germination of tamarind (*Tamarindus indica* L). *African Journal of Biotechnology*. 2 (9): 276-279. <https://doi.org/10.5897/ajb2003.000-1056>
- Patel, M., Tank, R.V., Bhanderi, R.V., Patil, H.M., Patel, V. and Desai, M. 2018.** Response of soaking time and chemicals on germination and growth of tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Plant Archives* 18(1):51-56.
- Rahman, R. 2020.** Farmyard Manure, An Efficient Way of Improving Seedling Growth of *Tamarindus indica*. *Asian Science Bulletin*. 1(3):43-44.
- Saeb, H., Khayyat, M., Zarezadeh, A., Moradinezhad, F., A. Samadzadeh, A. and Safae, M. 2013.** Effects of NaCl stress on seed germination attributes of periwinkle (*Catharanthus roseus* L.) and corn poppy (*Papaver rhoeas* L.) plants. *Plant Breed. Seed Sci.*, 67: 115-123. Retrieved from <http://ojs.ihar.edu.pl/index.php/pbss/article/view/309>
- Sarmiento, M.B., Silva, A.C.S., Villela, F.A. and Santos, K.L. 2018.** Biometria de frutos e sementes e crescimento pós-seminal de *Acca sellowiana* (O. Berg. Burret) Myrtaceae. *Caderno de Pesquisa*, 30 (1): 1-8. <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/8696/7279>
- Segato, S. V., Munduruca, L. C. and Souza, V. M. S. 2017.** Sanidade de sementes e emergência de plântulas de sementes de *Tamarindus indica* submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. *Revista Nucleus*, 14 (1): 237-246. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2689>
- Silva, A.L., Forte, M.J., Jacomino, A.P., Forti, V.A. and Silva, S.R. 2021.** Biometric characterization and tetrazolium test in *Campomanesia phaea* O. Berg. Landrum seeds. *Journal of Seed Science*, 43: e202143013. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v43240073>
- Sodimu, A.I., Usman, M. B., Osunsina, O. and Awobona, T.A. 2020.** Effect of Cowdung and NPK Fertilizer on the Early Growth of *Tamarindus indica*. L in Kaduna Northern Guinea Savanna Eco - Zone of Nigeria. *Journal of Agriculture and Sustainability*.13(11):1-14. <https://doi.org/10.28924/ip/jas.1949>
- Urrea-Galeano, L.A., Andresen, E. e Ibarra-Manríquez, G. 2018.** Importancia de las interacciones semilla-mamífero para Heteroflorum (*Leguminosae*), un género monoespecífico endémico de México. *Rev.Mex.Biodivers.* 89: 497-506. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2148>
- Vasantha, P.T., Vijendrakumar, R.C., Guruprasad, T.R., Mahadevamma, M. and Santhosh, K.V. 2014.** Studies on effect of growth regulators and biofertilizers on seed germination and seedling growth of tamarind (*Tamarindus indica* L.). 14 (1): 155-160.
- Yusuf, S. C., Zakawa, N. N., Tizhel, T. D., Timon, D., Obot, J. J. and Linus, S. G. 2019.** Dormancy breaking and the influence of gibberellic acid on the early growth of *Tamarindus indica* Seedlings in Mubi, Nigeria. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 5(2): 1-6. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2019/v5i230063>