

Selección de Pruebas de Viabilidad de Semillas de *Prosopis laevigata* en Madurez de Consumo, Bajo un Enfoque Hacia la Sostenibilidad

L. García Azpeitia^{#1}, X. Aparicio Fernández^{*2}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez
Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México. Departamento de Ingeniería Industrial.

^{*}Departamento de ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de
Guadalajara, Lagos de Moreno, Jalisco, México

¹lilia.garcia@lagos.tecmm.edu.mx, ²xochitl.aparicio@academicos.udg.mx

Resumen— *Prosopis laevigata* es una especie endémica del estado de Jalisco, pertenece al género *Prosopis*. En México, el género incluye 11 especies endémicas con diversos usos prehispánicos. Entre la importancia de la especie se encuentra su aporte ecológico a los ecosistemas de los cuales forma parte, pero también por su composición química y fitoquímica, razón por la cual puede representar una fuente de alimentación saludable tanto para animales como para el humano, así como una fuente de principios activos con actividad biológica y propiedades medicinales. Es necesario implementar pruebas de bajo impacto ambiental y social para la germinación de semilla de mezquite, en donde una etapa previa fundamental es la determinación de la viabilidad en un estado de madurez adecuado que permita garantizar el desarrollo del embrión, la composición química y que permita posteriormente llevar a cabo procesos de germinación. Mediante esta investigación se obtuvo una viabilidad por el método de flotación del 83.75 % y por el método de tetrazolio del 81.8%, para semillas en madurez de consumo. En la prueba por flotación no se generan compuestos químicos que impacten el medio ambiente o a la salud de los manipuladores y las semillas pueden ser aprovechables, es una prueba no destructiva; lo que representa a nivel de campo una alternativa sostenible.

Palabras clave—Mezquite, vainas, madurez de consumo, tratamientos pregerminativos, forestación.

Abstract— *Prosopis laevigata* is a species endemic to the state of Jalisco, it belongs to the genus *Prosopis*. In Mexico, the genus includes 11 endemic species with various pre-Hispanic uses. Among the importance of the species is its ecological contribution to the ecosystems of which it is a part, but also for its chemical and phytochemical composition, which is why it can represent a healthy food source for both animals and humans, as well as a source of active ingredients with biological activity and medicinal properties. It is necessary to implement low environmental and social impact tests for the germination of mesquite seed, where a fundamental previous stage is the determination of viability in an adequate state of maturity that allows guaranteeing the development of the embryo, the chemical composition and that allows subsequently carry out germination processes. Through this research, a viability was obtained by the flotation method of 83.75% and by the tetrazolium method of 81.8%, for seeds at consumption maturity. In the flotation test, no chemical compounds are

generated that impact the environment or the health of the handlers and the seeds can be used, it is a non-destructive test; which represents a sustainable alternative at the field level.

Keywords— *Mesquite, pods, consumer maturity, pregerminative treatments, forestation.*

I. INTRODUCCIÓN

En México, dentro del ecosistema de matorral se encuentra catalogado el mezquite, en la subcategoría de “mezquital”; en este ecosistema se destacan principalmente esta especie como predominante y una o varias especies secundarias arbóreas o arbustivas. Cabe destacar que en 2002 la superficie ocupada por este ecosistema se redujo a 44.2 millones de hectáreas y la degradación de alrededor de 202,000 hectáreas a matorrales secundarios [1]. *Prosopis laevigata* es una especie de la familia Fabaceae, una leguminosa que de acuerdo con las condiciones ambientales puede ser arbórea o arbustiva. La especie en estudio puede medir entre 3 a 9 m de altura con hojas compuestas y ramas con espinas pareadas. Presenta flores amarillentas en racimos que producen de 1 a 6 frutos (vainas) [2].

En el municipio de Lagos de Moreno (región Altos Norte de Jalisco) predomina un ecosistema xerófilo y vegetación tipo estepario, donde se destacan principalmente especies como mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) y matorral bajo espinoso. La explotación no controlada de esta especie ha provocado la disminución de ejemplares y alta deforestación. Cabe mencionar también, que son pocos los estudios sobre los métodos sostenibles de propagación por semilla que permitan la forestación regional con ejemplares de esta especie de *Prosopis* [3]. Aunado a ello, en el mezquite, igual que en otras especies, los métodos de propagación y sus tasas de éxito en el establecimiento y crecimiento de plántulas-plantas adultas en condiciones naturales, difieren de un sitio a otro [4].

Por otra parte, la química ha de aportar en la construcción de una ciencia con mayor responsabilidad social, atribuyéndole al enfoque de química verde un papel protagónico en favor de la sostenibilidad ambiental. Se deben

considerar los principios de la química verde (QV), disminuir el impacto al ambiente lo cual es fundamental en el contexto social, puesto que, a partir del vínculo y la interrelación del ser humano con el ambiente, se tendrá el logro de un bienestar común en el contexto de las ecociudadanías [5]. Es pues uno de los principios de la QV, reducir la generación de residuos peligrosos, trabajar en el uso de vías sintéticas limpias, uso de recursos renovables, condiciones alternativas de reacción y diseño de sustancias químicas menos tóxicas y/o biodegradables [6].

II. JUSTIFICACIÓN

Para determinar la viabilidad de semillas forestales, existen pruebas estandarizadas como la de tetrazolio, sin embargo, se requiere implementar pruebas bajo criterios de sostenibilidad como lo marca la Agenda 2030, que permitan disminuir el impacto ambiental y social y faciliten su implementación en campo.

Se establecieron dos pruebas de viabilidad de semillas de *Prosopis laevigata* en madurez de consumo con la finalidad de establecer una determinación sostenible, además de ser no destructivas, ante la escasa producción de semillas de los individuos de mezquite regionales.

III. OBJETIVO

Establecer pruebas de viabilidad de semillas de *Prosopis laevigata* en madurez de consumo, apegados a criterios de sostenibilidad ambiental, a nivel regional.

IV. METODOLOGÍA

Se definió taxonómicamente el tipo de fruto de esta especie y la recolecta de frutos se realizó de una población natural y de individuos fenotípicamente superiores. Y se estableció una escala de madurez con pruebas preliminares en diferentes estados de madurez (no reportadas en este trabajo). La madurez de consumo que se confirmó con la composición de parámetros químicos (SST y acidez), [7]. Se seleccionaron frutos sanos y sin daño visible en madurez de consumo. Para la obtención de las semillas, las vainas se sumergieron y mantuvieron en agua a temperatura ambiente durante 24 h para ablandar epicarpio, se eliminaron por flotación las vainas de calidad nula [8], posteriormente se limpiaron, se dejaron secar a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y se seleccionaron aquellas libres de daños, se almacenaron a temperatura ambiente, en frascos de cristal. La determinación de la viabilidad de las semillas se hizo mediante el método del Cloruro 2, 3,5 trifenil tetrazolio (TZ) al 1 % (prueba destructiva), solución con un pH entre 6.5 y 7.0, obteniéndose la referencia de poder germinativo en 24 horas; se cuantificaron los embriones viables según los patrones topológicos establecidos, la observación se realizó en un estereoscopio con aumento 2x [9]. También se determinó la viabilidad por método de flotación (prueba no destructiva), se obtuvo la semilla del fruto, siguiendo el proceso ya mencionado, se sumergen por 24 h en agua potable y

posteriormente se realizó el conteo de semillas no viables [8,10]. Se utilizaron 2 repeticiones de 100 semillas por tratamiento y se realizó un análisis de varianza de un solo factor, al 95% de confianza, en el software Statgraphics versión XVII.

V. RESULTADOS

Debido a que no se encontraron reportes sobre la clasificación del fruto como climatérico o no climatérico, se estableció una comparativa taxonómica, del Orden de los Fabales, familia Fabaceae, *Tamarindus Indica* como fruto climatérico [11] así como *Phaseolus Vulgaris* L. [12]. Se consideró a dos especies, *Tamarindus indica* y *Phaseolus vulgaris* como especies que producen frutos catalogados como no climatéricos, con base en esta información se determinó que el fruto de *Prosopis laevigata* es no climatérico. Se estableció una escala de madurez de 5 etapas (Tabla I) con pruebas de medición de parámetros fisicoquímicos preliminares (no reportados en este trabajo) de acuerdo con los criterios de [13] para otros frutos; se asignaron valores que van desde 1 para una cáscara con un 0 a 25 % de desarrollo de color amarillo-púrpura, que inicia en la zona apical y alcanza hasta un valor de 4 para vainas de cáscara con un desarrollo de 75 a 100 % de la superficie de color amarillo, y un valor de 5 para aquellos frutos en estado senescente que muestran una cascara de color amarillo opaco, con apariencia deshidratada, sin turgencia y movimiento de las semillas. La escala de color para el corte de los frutos se apoyó con el contenido de sólidos solubles (35.28 °Brix) y porcentaje de acidez (0.29 %).

TABLA I
ESCALA DE MADUREZ DE FRUTO DE *P. LAEVIGATA*



En la prueba destructiva, se obtuvo una viabilidad del 81.81 %, se considera la tinción del embrión. En la segunda prueba de viabilidad realizada por el método de flotación se obtuvo un 83.75 ± 5.593 % de viabilidad, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos, al 95% de nivel de confianza. Se realizó el análisis bajo un enfoque de sostenibilidad ambiental y social, en el método de tetrazolio el impacto ambiental y social fue mayor.

TABLA II
ESBOZO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DE LAS PRUEBAS

	Prueba destructiva	Prueba no destructiva
Uso de agua potable (aguas azules y grises)	Agua potable para el remojo y lavado hasta la obtención de semilla con restos de materia orgánica-40 litros Agua potable para el lavado de material de laboratorio, para la preparación de solución de tetrazolio y después de la prueba de viabilidad con presencia de formazan 100 litros	Agua potable para el remojo y lavado hasta la obtención de semilla con restos de materia orgánica-40 litros Agua potable para el lavado de material de laboratorio, para la preparación de solución de tetrazolio y después de la prueba de viabilidad con presencia de formazan 100 litros
Generación de agua residuales contaminantes	Agua generada en el remojo y lavado hasta la obtención de semilla con restos de materia orgánica-40 litros Agua generada en el lavado de material de laboratorio, para la preparación de solución de tetrazolio y después de la prueba de viabilidad con presencia de formazan- 100 litros	Agua generada en el remojo y lavado hasta la obtención de semilla con restos de materia orgánica- 40 litros
Generación de sustancias químicas	Formazan [H ₂ NN=CHN=NH],	NA
Uso de compuestos químicos	Cloruro 2, 3,5 trifenil Tetrazolio al 1 % HCl solución para regular pH	NA
Energía eléctrica	Necesaria para el funcionamiento de los estereoscopios en la observación de las semillas después de la tinción	NA

VI. DISCUSIÓN

Se estableció taxonómicamente el tipo de fruto de la especie como no climatérica por lo que las características al corte deben ser las de consumo, con la finalidad de que los frutos tengan las características y composición de un fruto

maduro que permitan extraer las semillas para la germinación y garantizar la viabilidad del embrión.

La escala de madurez para el corte permitió disminuir la variabilidad de los frutos para el análisis. La madurez de consumo se corrobora con la composición de (SST y acidez), con un índice de madurez de 126.3[7].

La prueba destructiva la sal de tetrazolio incolora mediante reducción enzimática es convertida a formazán, un producto de color rojo. Lo que ocurre en tejidos metabólicamente activos por medio de la respiración celular. Por lo que, los tejidos teñidos de rojo o rosa se consideran viables. Sin embargo, se ha reportado que el análisis de viabilidad utilizando únicamente esta prueba no determina correctamente el verdadero estado fisiológico en tejidos con baja actividad metabólica [14]; además, la viabilidad de las semillas se determina en función del patrón de tinción del embrión y la intensidad de la coloración [15], esto varía dependiendo de cada especie. La estructura fundamental o prueba decisiva es la tinción de la radícula, si el embrión presenta una tinción no homogénea puede significar un menor vigor, pero no ausencia de viabilidad; se requiere un mayor desarrollo de metodologías específicas de especies forestales, para la eficacia de la prueba [16]. Estudios relacionados con bancos de semillas en campo, han mostrado una viabilidad por prueba TZ del 38.5 %, menor a los valores encontrados para semillas de cultivos comerciales (plantaciones homogéneas). La viabilidad de las semillas de *P. laevigata* del ecosistema de estudio fue similar a valores reportados para semillas de especies endémicas en los que se encontraron valores entre 0 y 86 % [17]. Específicamente para semillas de *P. laevigata* de ejemplares de la región de Puebla, se encontró una viabilidad del 62 % [18]. En especies forestales en ecosistemas la viabilidad es de 12.67% [10]; para *Juniperus thurifera* L. se encontró una viabilidad de 47% [8] y en semillas de *Agave* spp. se encontró una viabilidad de entre 44 y 78 % [19].

En ambos métodos la viabilidad es menor para especies forestales que para especies de cultivos comerciales. Finalmente, la prueba por flotación es una prueba no destructiva por lo que las semillas pueden utilizarse posteriormente en pruebas de germinación. En el aspecto social, el exponer a sustancias químicas al personal representa un riesgo por lo que si se sustituyen estas sustancias o los métodos en los que se utilizan representa un impacto social benéfico. La ficha técnica del tetrazolio indica que hay un riesgo de uso para el sistema respiratorio, la exposición puede provocar cáncer, se requiere llevar guantes/gafas de protección y su uso está reservado exclusivamente a usuarios profesionales; cuestiones que serían de difícil cumplimiento durante su uso en campo. Respecto al aspecto ambiental el disminuir el uso de agua potable y en consecuencia de la generación de agua residual con menos contaminantes y disminuir las cantidades de agua residual, es necesario si queremos buscar mejoras para

disminuir el impacto ambiental. No se encontraron reportes ro información disponible respecto al efecto ambiental que pudiera ocasionar las sales de tetrazolio. Y por otra parte, en esta prueba destructiva, se forma un compuesto de formazan que es un producto cromogénico artificial obtenido por reducción de sales de tetrazolio por deshidrogenasas y reductasas, producto que no es biodegradable; no se encontraron reportes de efectos ambientales por el formazan.

VII. CONCLUSIÓN

Se requieren aplicar métodos no destructivos en la producción de planta de especies forestales como *P. laevigata*, métodos que permitan disminuir el impacto ambiental de los cultivos desde la viabilidad hasta la producción y forestación.

REFERENCIAS

- [1] CONABIO. (2021). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Ecosistemas [En línea]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>
- [2] R. Grether, A. Martínez Bernal, M. Luckow y S. Zárate, Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 44. Mimosaceae, Tribu Mimoseae. UNAM, 2006.
- [3] M. G. Costilla Hermosillo, M. Ortiz Morales. S. Loza Cornejo, C. Frausto Reyes y S. Sami Ali Metwally, "Bioestimulación láser para mejorar capacidad germinativa de semillas y el crecimiento de plántulas de *Prosopis laevigata* y *Jacaranda mimosifolia*". *Madera y Bosques*, vol. 25, pp. 1-14. 2019. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521665>
- [4] M. Bozzano. R. Jalonen, E. Thomas, D. Boshier, L. Gallo, S. Cavers, S. Bordacs, P. Smith, and J. Loo, The state of the world's forest genetic resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.
- [5] R. A. Franco Moreno y L. Y. Ordóñez Carlosama, "El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002-2018". *Educación química*, vol. 31, pp. 84-104, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414>
- [6] S. J. Fandiño Murcia y L. A. Esquiani Marín, "Química verde aplicada en los residuos de universidades". *Educación química*, vol. 32, pp. 154-167, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76534>
- [7] L. García Azpeitia, E. Montalvo González, and S. Loza Cornejo, "Nutritional and phytochemical characterization of leaves, flower, and fruits of *Prosopis laevigata*," *Botanical Sciences*, vol. 100, pp. 1014-1024, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3000>
- [8] D. García González, M. A. De Peña Villarroja, R. De Pedro Peña y N. Verde Almazan, "Estudio de viabilidad y tratamientos de germinación de semillas de *Juniperus thurifera* L. en tres localidades de la provincia de Soria," 5° Congreso forestal Español, paper 1, pp. 2-9, 2009.
- [9] ISTA, Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas, International Seed Testing Association, 2016.
- [10] M. Robbins. (2002). Material forestal reproductivo [Online]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- [11] E. M. Yahia, and N. K. E. Salih, "Tamarind (*Tamarindus indica* L.)," *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, Woodhead Publishing Series in Food Science, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857092618.442>.
- [12] M. Cho, B. M. Hurr, J. Jeong, C. Lim, and D. J. Huber, "Postharvest senescence and deterioration of 'Thoroughbred' and 'Carlo' Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Response to 1-Methylcyclopropene". *En Hort Science, Horticultural Sciences*, vol. 43, pp. 427-430, 2008. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.427>.
- [13] J. K. Castro Camacho, N. E. Cerquera Peña y N. Gutiérrez Guzmán, "Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*Psidium guajava* cv. Guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes". *Revista EIA*, vol.19, pp. 79-89, 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-12372013000100007&script=sci_arttext.
- [14] Y. A. Torres, L. S. Ithurrart y C. Busso, "Limitaciones del test de tetrazolio para determinar viabilidad de yemas y semillas". *AgroUNS*, vol. 36, pp. 1-20, 2021. Disponible en: <https://host170.sedici.unlp.edu.ar/server/api/core/bitstreams/02221fb8-b236-40ed-8ae4-834d1d5873bf/content>
- [15] T. G. Ruiz, S. R. Zaragoza, and R. F. Cerrato. "Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México". *Journal of Arid Environment*, vol. 72, pp. 1202-1212, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.12.008>.
- [16] P. B. Santos das Virgens, T. Almeida Conceição, and R. Marani Barbosa "Tetrazolium test to evaluate viability and vigour in *Genipa americana* seeds". *Seed Science and Technology*, vol. 47, pp. 307-318, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2019.47.3.06>
- [17] C. Mancipe Murillo, M. Calderón Hernández y L. V. Pérez Martínez, "Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales alto andinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio," *Conservación. Caldasia*, vol. 40, pp. 366-382, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>
- [18] J. A. Villarreal Garza, A. Rocha Estrada, M. L. Cárdenas Ávila, S. Moreno Limón, M. González Álvarez y V. Vargas López. "Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México". *PHYTON Revista Internacional de Botánica Experimental Internacional*, vol. 82, pp. 169-174, 2013. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572013000200003&script=sci_arttext&tlng=pt
- [19] Moreno J. T. H. "Caracterización de semillas de Agave spp., por el método de I.S.T.A". *South Florida Journal of Development*, vol. 4, pp. 438-453, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n1-032>