

Rescate, propagación y conservación de germoplasma de cultivos valiosos de la península de Baja California a través de la biotecnología

Rescue, propagation and conservation of germplasm of valuable crops of the Baja California peninsula through biotechnology

Recursos Naturales y Sociedad, 2024. Vol. 10 (1): 63-72.
<https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0006>

Marco A. Ramírez-Mosqueda¹ Raúl López-Aguilar² y Andrés Orduño-Cruz²

¹Laboratorio Agrícola-Forestal, Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, Boulevard de la Biodiversidad No. 400 Rancho las Cruces, C.P. 47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C, Unidad Guerrero Negro. Independencia y Paseo Eucalipto s/n, Guerrero Negro, Baja California Sur, 23940. México

*Autor de correspondencia: marcomosqueda02@hotmail.com



Resumen

La conservación y propagación de especies de interés agrícola en México, es una actividad científica recurrente. A la fecha, existen muchos cultivos y sus variedades que han sido introducidos en el pasado. Algunos de ellos se adaptaron perfectamente a las condiciones edafoclimáticas presentes en microrregiones geográficas de nuestro País, donde han establecido exitosamente. Su arraigo ha sido tan grande que existen variedades que solo siendo cultivadas en cierta región conservan su calidad o productividad. Así, en los oasis de la península de Baja California se conserva un alto nivel de agrobiodiversidad, con un gran número de especies tanto nativas como introducidas. Se conoce que estas últimas conservan características agronómicas que eran importantes para las variedades establecidas durante las misiones evangelizadoras españolas. Sin embargo, la mayoría de estas variedades de alto valor está en riesgo por el abandono y decaimiento de las actividades agropecuarias de los oasis. Por tanto, existen técnicas de la biotecnología vegetal que pueden ser utilizadas para atender esta problemática. El cultivo de tejidos vegetales, nos permite propagar bajo condiciones de laboratorio “*in vitro*” plantas con alto interés comercial, histórico o raro. Esta técnica permite la obtención de miles de plantas en poco tiempo y espacio. Además, a través de técnicas de biología molecular podemos verificar la estabilidad genética de los organismos generados. El objetivo de este manuscrito es identificar y describir las áreas de oportunidad que existen para la biotecnología en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), Unidad Guerrero Negro, cuya localización en la porción central de la Península de Baja California, lo convierten en un centro estratégico para el desarrollo de esta actividad.

Palabras clave: Micropropagación vegetal, Marcadores

moleculares, Recursos
fitogenéticos.

Introducción

Antecedentes:

Los recursos fitogenéticos que existen en México deben ser salvaguardados, debido a su potencial uso en la agricultura (Hernández *et al.*, 2015), o por los servicios ecosistémicos que prestan (Santiago, 2019). Las plantas nativas o en su estado silvestre son germoplasma vegetal de alto interés para su conservación y mejoramiento genético empleando técnicas de biotecnológicas para fines de bioprospección como la obtención de metabolitos secundarios (Maya, 2020). Por otro lado, el germoplasma de los cultivos agroalimentarios introducidos en regiones semiáridas es una fuente para entender los procesos de adaptación al ambiente (Evans, 1993).

En la Península de Baja California se cuenta con un material genético importante representado por especies

silvestres o nativas que tienen potencial agroalimentaria, agroindustrial y biocultural como la planta de Damiana (*Turnera diffusa*, [Turneraceae]); especies de la familia Fouquieriaceae como Cirio, Ocotillo y Palo Adán (*Fouquieria columnaris*, *Fouquieria Espledens* y *Fouquieria diguetii*), la Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Simmondsiaceae]) algunas especies de la familia Cactaceae como las Biznagas, los Garambullos, los Cardones y las Pitallas (*Ferocactus sp.*, *Lophocereus sp.*, *Pachycereus sp.* y *Stenocereus sp.*), entre otras. Las especies nativas además de ser objetos de interés científico tienen un valor económico que en México no ha sido totalmente evaluado como es el caso de tres variedades de *Lophocereus sp.* (de la Luz y Foguel, 2005).

Por otra parte, la importancia biocultural de estas especies es de suma importancia para los pobladores de la península como es el caso de Damiana en la región del Cabo como es citado por Pio-Leon et

al. (2018). La figura 1A muestra un espécimen de Damiana colectado y cultivado para su estudio. El uso de estas especies silvestres en algunas ocasiones propicia que los especímenes sean sobreexplotados aunado a la fragmentación de su hábitat, amenazando su distribución natural (León-de la Luz et al. 2022; León-de la Luz et al. 2019).

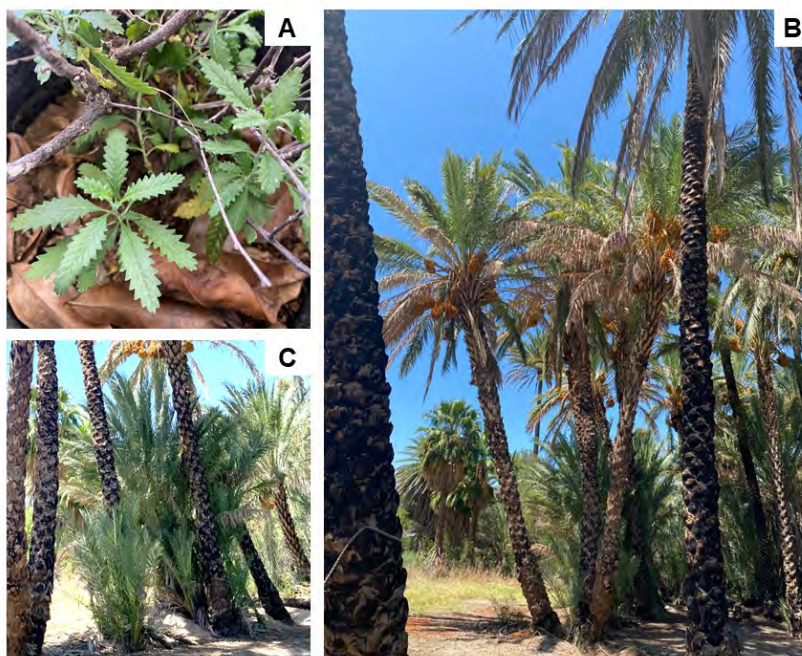


Figura 1. Ejemplos de especies vegetales con importancia económica en Baja California Sur. A) Planta de damiana (*Turnera diffusa*) colectada para su estudio, B) Palma datilera (*Phoenix dactylifera*) cultivada en la región de San Ignacio, BCS y C) Reproducción asexual de la palma datilera.

Por otra parte, existen especies cultivadas introducidas hace algunos cientos de años durante la etapa misional de la península de Baja California, que se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la región (Ortega y Cariño 2014; De Grenade y Nabhan, 2013), mismas que han sido cultivadas hasta la actualidad formando parte del agroecosistema (Breceda et al. 1997) como la Palma datilera (*Phoenix dactylifera* [Arecaceae]), la Higuera (*Ficus carica* [Moraceae]), el Olivo (*Olea europaea* [Oleaceae]), la Vid (*Vitis vinífera* [Vitaceae]), la Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* [Poaceae]), los cítricos (*Citrus spp* [Rutaceae]), entre otras. La figura 1B muestra un genotipo de Palma datilera adaptada hace más de 100 años a su cultivo en el



poblado de San Ignacio, B.C.S.).

La gran problemática de estos cultivos es su desplazamiento por variedades mejoradas, trayendo como consecuencia la pérdida del germoplasma de cultivos que se han adaptado durante cientos de años al clima cambiante de la región (Ortega y Cariño 2014; Wu *et al.* 2021).

En ambos casos, la propagación a través de semillas (reproducción sexual) genera segregación genética que no es favorable en temas de conservación de genotipos particulares (Ghosh *et al.*, 2019), y un número relativamente limitado de propágulos (Miranda *et al.* 2022) (Figura 1C). Además, una población con pocos individuos puede generar problemas de endogamia que conllevan a un vórtice de extinción. Por tanto, el uso de herramientas de biotecnología vegetal para la propagación vegetativa es una herramienta que puede atender estas problemáticas y generar soluciones que permitan la conservación y crecimiento de las poblaciones existentes.

La biotecnología vegetal

La biotecnología vegetal nos permite el beneficiarnos de organismos del reino Plantae a través de técnicas para aumentar su propagación, obtener sus metabolitos secundarios, incrementar su productividad y la calidad nutracéutica de sus productos, entre otras aplicaciones (Cardoso *et al.* 2020; Abdulhafiz *et al.* 2022).

Además, las herramientas modernas permiten editar los genes involucrados en ciertas rutas metabólicas, o incluso la inserción de genes provenientes de otros reinos biológicos (Zhu *et al.* 2020). Esta rama de la ciencia nos brinda una serie de técnicas novedosas para el beneficio de la sociedad y el cuidado de los recursos naturales.

El cultivo de tejidos vegetales

El cultivo de tejidos vegetales (CTV) también conocido comúnmente como cultivo *in vitro* de plantas, es una herramienta de la biotecnología vegetal que nos permite la obtención de un número elevado de plantas a partir de casi cualquier célula, tejido u órgano de una planta (Phillips y Garda, 2019). La gran ventaja de esta herramienta es que permite la clonación de plantas a partir de un tejido somático, esto es de una particular relevancia para reproducir especies o individuos que florecen en ciclos muy largos o que han pasado a un estado de senescencia tal que les impide producir semillas en cantidades suficientes (Weckx *et al.* 2019). Además, la propagación clonal permite obtener miles de plantas en poco tiempo y espacio, libres de patógenos (Tung *et al.* 2021).

La micropropagación vegetal o propagación *in vitro* es una técnica que tiene la finalidad de generar el mayor número de plantas posibles a partir de una pequeña parte de la planta, la cual se denomina explante (Abdalla *et al.* 2022) (Figura 2A). Esta pequeña parte puede ser desde una célula, un meristemo, una

yema axilar, un segmento de hoja o raíz, polen o un ápice completo (Papafotiou *et al.* 2023). Las semillas también pueden ser germinadas, sin embargo, al hacer uso de estas como explantes pueden presentarse segregaciones genéticas en las plantas propagadas (Martínez-Rodríguez *et al.* 2022). Las innovaciones tecnológicas en el CTV permiten aumentar al máximo el rendimiento biológico (número de brotes por explante). Los sistemas de inmersión temporal permiten el escalamiento de la propagación de plantas a niveles comerciales (Ramírez-Mosqueda y Bello-Bello, 2021) (Figura 2B). Además de permitir la semiautomatización del proceso de micropropagación y la obtención de plantas vigorosas y libres de patógenos (Monja-Mio *et al.* 2021). Estos sistemas han sido de uso recurrente en el establecimiento de biofábricas de plantas agroalimentarias y ornamentales alrededor del mundo (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2022).

Por otra parte, el CTV permite generar bancos de germoplasma *in vitro* para la conservación de especies en peligro de extinción, cultivos de importancia y germoplasma de interés (Priyanka *et al.* 2021). A través de esta técnica las plantas se conservan en un medio de mínimo crecimiento, principalmente adicionado con un inhibidor del crecimiento vegetal. Bajo esta condición se pueden preservar durante meses (conservación a mediano plazo) sin ser transferidos a un medio de cultivo fresco (Benelli *et al.* 2022) (Figura 2C).

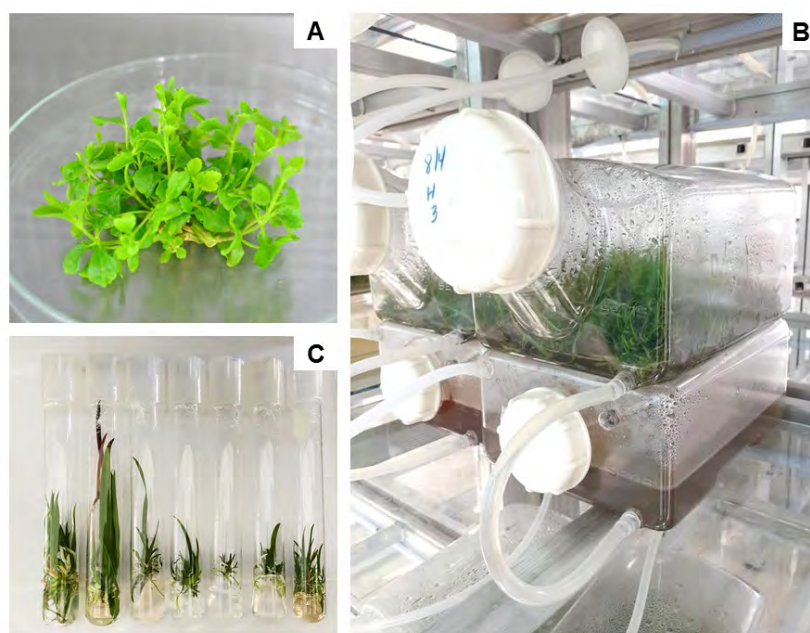


Figura 2. Técnicas de cultivo de tejidos vegetales. A) Planta de *Stevia rebaudiana* micropropagada a partir de un segmento nodal, B) Micropropagación de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en SETIS™ biorreactor y C) Conservación *in vitro* de *Laelia* sp.

La conservación *in vitro* posee la gran ventaja de no ser afectada por catástrofes naturales, en comparación con la conservación en campo (Quazi *et al.* 2021). Además, se requiere menos mano de obra para el mantenimiento de las colecciones biológicas y existe un menor riesgo de plagas o enfermedades (Srivastava *et al.* 2021). Por tanto, es una buena alternativa para la conservación del material vegetal presente en México.



La biología molecular y los marcadores moleculares

La biología molecular es una técnica de la biotecnología vegetal que permite el análisis de la estructura y función de las células, así como, el estudio de la información genética presente en ellas (Sánchez, 2021). Su uso, nos ha permitido comprender y regular una gran cantidad de funciones metabólicas de las células, determinar mecanismos de la herencia genética y poder estudiarlos y modificarlos (Godwin *et al.* 2019).

Por otra parte, los marcadores moleculares nos permiten comparar patrones genéticos entre individuos e identificar rasgos disimiles entre cada uno de ellos (Hasan *et al.* 2021). En plantas nos permiten comparar la diversidad genética entre poblaciones, en algunas ocasiones dejando evidenciados los procesos evolutivos (Bi *et al.* 2021). Particularmente en el CTV, nos permiten

evaluar la homogeneidad genética de las plantas que fueron micropropagadas, en relación con la planta madre (Tikendra *et al.* 2019). Además, nos ayudan a evaluar la variación somaclonal existente en nuestros cultivos, haciendo referencia este término a las modificaciones genéticas y epigenéticas ocasionadas por someter una planta al cultivo *in vitro* (Rai, 2022). Este tema es muy interesante en cuestiones de conservación del germoplasma, ya que frecuentemente el mercado requiere una alta fidelidad genética.

El CIBNOR-Unidad Guerrero Negro

La Unidad Guerrero Negro del CIBNOR, realiza investigaciones sobre el uso y manejo de los recursos naturales, promueve el desarrollo agrícola y pecuario de la región. En este sentido, se enfoca a desarrollar todos estos estudios en zonas áridas y semiáridas en la región noroeste del País. Su proximidad con dos áreas naturales protegidas terrestres, como son la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y El área de Protección de flora y Fauna Valle de los Cirios, le permite la disponibilidad de una gran cantidad de germoplasma vegetal que necesita de investigaciones científicas aplicadas para su rescate, conservación y propagación.

Consideraciones finales y perspectivas:

Perspectivas del uso de la biotecnología en el CIBNOR-Unidad Guerrero Negro

Las investigaciones futuras de la Unidad Guerrero Negro del CIBNOR, están relacionadas con el desarrollo de una agricultura sustentable para la región noroeste del país. Así como comenzar a implementar la biotecnología en la producción de plantas a través del cultivo de tejidos vegetales, hacer uso de la conservación *in vitro* en el rescate de especies vegetales, utilizar técnicas de biología molecular para análisis de los perfiles genéticos de las plantas y su mejoramiento. Por último, todos

estos esfuerzos se llevarán a cabo a través de la puesta en marcha de proyectos de investigación pertinentes en beneficio de la sociedad.

Agradecimientos:

Al proyecto de recursos propios de la Unidad Guerrero Negro del CIBNOR y al Laboratorio de Agroecología de esta Unidad.

Literatura citada

- Abdalla, N., H. El-Ramady, M.K. Seliem, M.E. El-Mahrouk, N. Taha, Y. Bayoumi, T. A. Shalaby y J. Dobránszki. 2022). *An academic and technical overview on plant micropropagation challenges*. Horticulturae 8 (8): 677.
- Abdulhafiz, F., A. Mohammed, M. F. H. Reduan, Z. A. Kari, L. S. Wei y K. W. Goh. 2022. *Plant cell culture technologies: A promising alternatives to produce high-value secondary metabolites*. Arabian Journal of Chemistry 15 (11): 104161.
- Benelli, C., W. Tarraf, T. Izgu y A. De Carlo. 2022. *In Vitro Conservation through Slow Growth Storage Technique of Fruit Species: An Overview of the Last 10 Years*. Plants 11 (23): 3188.
- Bi, D., D. Chen, M. Khayatnezhad, Z. S. Hashjin, Z. Li y Y. Ma. 2021. *Molecular identification and genetic diversity in Hypericum L.: A high value medicinal plant using RAPD markers markers*. Genetika 53 (1): 393-405.
- Breceda, A., L. Arriaga y R. Coria. 1997. *Características socioeconómicas y uso de los recursos naturales en los oasis*. En Arriaga, L. y R. Rodríguez E. (Eds) *Los Oasis de la península de Baja California*. Publicación No. 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S., México. (261-283)
- Cardoso, J. C., C. A. Zanello y J. T. Chen. 2020. *An overview of orchid protocorm-like bodies: Mass propagation, biotechnology, molecular aspects, and breeding*. International Journal of Molecular Sciences 21 (3): 985.
- De Grenade , R. y G. P. Nabhan. 2013. XIV Agro-Biodiversidad *in-situ* en el oasis de los Comondu. En Cariño, M., A. Breceda, A. Ortega y L. Castorena (Eds). 2013. *Evocando al Eden. Conocimiento, Valoración y problemática del oasis de los Comondu. Perspectivas Agroecológicas 8*. Icaria Editorial. s.a., Barcelona (339-362)



- Evans, L.T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge University Press, Cambridge. U. K. 514 pp.
- Ghosh, B. y S. M. Haque. 2019. *Synthetic seeds: An alternative approach for clonal propagation to avoiding the heterozygosity problem of natural botanical seeds*. Synthetic Seeds: Germplasm Regeneration, Preservation and Prospects 77-112.
- Godwin, I. D., J. Rutkoski, R. K. Varshney y L. T. Hickey. 2019. *Technological perspectives for plant breeding*. Theoretical and Applied Genetics 132: (3) 555-557.
- Hasan, N., S. Choudhary, N. Naaz, N. Sharma y R. A. Laskar. 2021. *Recent advancements in molecular marker-assisted selection and applications in plant breeding programmes*. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 19 (1): 1-26.
- Hernández, A. F., B. M. Amador, P. P. Rangel, E. O. R. Puente, L. M. V. Núñez, M. S. T. Castro, C. B. P. Valdivia. 2015. *Sustentabilidad y análisis cualitativo de recursos fitogenéticos en una región árida de México*. pp. 179-192. En: Osuna Ávila P., C. Vázquez Vázquez, P. Preciado Rangel y M. Fortis Hernández (Eds). Agricultura Orgánica, octava parte, Selectos ARAC. Torreón, Coah., México. 242. pp.
- León-de la Luz, J. L., A. M. Narváez y R. D. Cadena. 2022. *Las especies vegetales endémicas (Magnoliophyta) de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno: recuento y notas sobre su fragilidad*. Áreas Naturales Protegidas Scripta 8 (1): 131-147.
- León-de la Luz, J. L., A. Medel-Narváez y R. Domínguez-Cadena. 2019. *Una nueva Commelina (Commelinaceae) de Baja California Sur, México*. Revista mexicana de biodiversidad 90. e902823.
- León-de la luz, J.L. y I. Fogel. 2005. *Lophocereus schottii var schottii forma spiralis (Cactaceae) and notes on the monstrose forms*. Cactus and succulents Journal 77 (4):1-3
- Martinez-Rodriguez, A., C. Beltran-Garcia, B. Valdez-Salas, F. Santacruz-Ruvalcaba, P. Di Mascio y M. J. Beltran-Garcia. 2022. *Micropropagation of Seed-Derived Clonal Lines of the Endangered Agave marmorata Roezl and Their Compatibility with Endophytes*. Biology 11 (10): 1423.
- Maya, T. 2020. *Agrobiodiversidad vegetal comestible en el territorio indígena Maya-Ch'ol de Chiapas, México*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 23: 46.
- Miranda, N. A., A., Xavier y W. C. Otoni. 2022. *Applicability of in vitro clonal hedge in the vegetative propagation of Eucalyptus urophylla*. New Forests 1-12.
- Monja-Mio, K. M., D. Olvera-Casanova, M. Á. Herrera-Alamillo, F. L. Sánchez-Teyer y M. L. Robert. 2021. *Comparison of conventional and temporary immersion systems on micropropagation (multiplication phase) of Agave angustifolia Haw. 'Bacanora'*. 3 Biotech 11: 1-8.

- Ortega, S. A. y M. Cariño O. 2014. *Oasis de Baja California Sur Mexico (siglos XVIII) Propiedad y Uso Comunitario en Ecosistemas áridos*. Amnis 13: 1-13.
- Papafotiou, M., G. Vlachou, y A. N. Martini. 2023. *Investigation of the Effects of the Explant Type and Different Plant Growth Regulators on Micropropagation of Five Mediterranean Salvia spp. Native to Greece*. Horticulturae 9 (1): 96.
- Phillips, G. C., y M. Garda. 2019. *Plant tissue culture media and practices: an overview*. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant 55: 242-257.
- Pío-León, J. F., A. Nieto-Garibay, J. L. León-de la Luz, F. Delgado-Vargas, R. Vega-Aviña y A. Ortega Rubio. 2018. *Plantas silvestres consumidas como té recreativos por grupos de rancheros en Baja California Sur, México*. Acta Botanica Mexicana 123: 7-19.
- Priyanka, V., R. Kumar, I. Dhaliwal y P. Kaushik. 2021. *Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity—A review*. Sustainability 13 (12): 6743.
- Quazi, S., T. Golani y A. M. Capuzzo. 2021. *Germplasm conservation*. pp. 1-27. En: Kumar S. (Ed). *Endangered Plants*. IntechOpen. Rijeka, Croatia. 180. pp.
- Rai, M. K. 2022. *Somaclonal variation in improvement of agricultural crops: recent progress*. pp. 129-146. En: Kumar Srivastava, D., A. Kumar Thakur y P. Kumar. (Eds). *Agricultural biotechnology: latest research and trends*, Springer, Singapore. 461. pp.
- Ramírez-Mosqueda, M. A. y J. J. Bello-Bello, (2021). *SETIS™ bioreactor increases in vitro multiplication and shoot length in vanilla (Vanilla planifolia Jacks. Ex Andrews)*. Acta Physiologiae Plantarum 43 (4):52.
- Rodríguez-Deméneghi, M. V., M. A. Ramírez-Mosqueda, A. A. Armas-Silva, N. Aguilar-Rivera, Y. A. Gheno-Heredia. 2022. *Biofábricas de vainilla (Vanilla planifolia Jacks.) en México como oportunidad de desarrollo agrario*. Cuadernos de Biodiversidad 63 :49-54.
- Sanchez, J. A. M. 2021. *Técnicas Avanzadas de Biología Molecular y su Aplicación en los Cultivos*. pp. 56-62. En: Castañeda Nava J. J. (Ed). *Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C, Guadalajara, Jalisco*. 99. pp.
- Santiago, M. A. L. (2019). *La valoración de los servicios ecosistémicos desde la cosmovisión indígena totonaca*. Madera y bosques 25(3).
- Srivastava, V., D. K. Nerwal, A. Kandan, J. Akhtar, N. Sharma, R. Kiran, S. Bansal y A. Agrawal, 2021. *Management of microbial contaminants in the In Vitro Gene Bank: a case study of taro [Colocasia esculenta (L.) Schott]*. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant 57: 152-163.



- Tikendra, L., A. S. Koijam y P. Nongdam. 2019. *Molecular markers based genetic fidelity assessment of micropropagated Dendrobium chrysotoxum Lindl.* Meta Gene 20: 100562.
- Tung, H. T., H. G. Bao, D. M. Cuong, H. T. M. Ngan, V. T. Hien, V. Q. Luan, B. Van The Vinh, H. T. Nhu Phuong, N. B. Nam, L. N. Trieu, N. K. Truong, P. N. Duc Hoang y D. T. Nhut. 2021. *Silver nanoparticles as the sterilant in large-scale micropropagation of chrysanthemum.* In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant 57: 897–906.
- Weckx, S., D. Inzé y L. Maene. 2019. *Tissue culture of oil palm: finding the balance between mass propagation and somaclonal variation.* Frontiers in plant science 10: 722.
- Wu, S., Z. Xing, T. Ma, D. Xu, Y. Li, Z. Lei y Y. Gao. 2021. *Competitive interaction between Frankliniella occidentalis and locally present thrips species: a global review.* Journal of Pest Science 94: 5-16.
- Zhu, H., C. Li y C. Gao. 2020. *Applications of CRISPR–Cas in agriculture and plant biotechnology.* Nature Reviews Molecular Cell Biology 21 (11): 661-677.

Cita

Ramírez-Mosqueda M.A., R. López-Aguilar y A. Orduño-Cruz. Rescate, propagación y conservación de germoplasma de cultivos valiosos de la península de Baja California a través de la biotecnología. Recursos Naturales y Sociedad, 2024. Vol. 10 (1): 63-72. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0006>

Sometido: 25 de septiembre de 2023

Aceptado: 08 de abril de 2024

Editor asociado: Dr. Yuri Peña Ramírez

Editor ejecutivo: Dr. Arturo Sánchez Paz

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández