



Biofábricas de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) en México como oportunidad de desarrollo agrario

Vanilla biofactories (*Vanilla planifolia* Jacks.) in Mexico as an opportunity for agricultural development

RODRÍGUEZ-DEMÉNEGHI¹, MARCO VINICIO¹; RAMÍREZ-MOSQUEDA, MARCO ANTONIO^{1*}; ARMAS-SILVA ARTURO ALONSO¹; AGUILAR-RIVERA, NOÉ¹; GHENO-HEREDIA, YAQUELINE ANTONIA¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Córdoba-Orizaba, Universidad Veracruzana, C.P. 94945, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

* AUTOR DE CORRESPONDENCIA
(MARCORAMIREZO2@UV.MX)
TEL.: + 52 271 716 6129

 MARCO VINICIO RODRÍGUEZ DEMÉNEGHI

 MARCO A. RAMÍREZ-MOSQUEDA

 ARTURO ALONSO ARMAS

 NOE AGUILAR-RIVERA

 YAQUELINE A. GHENO-HEREDI

Recibido: 14/02/2022
Aceptado: 7/07/2022
Publicado: 30/07/2022

© 2022 Rodríguez-Deméneghi, Marco Vinicio; Ramírez-Mosqueda, Marco Antonio; Armas-Silva Arturo Alonso; Aguilar-Rivera, Noé; Gheno-Heredia, Yaqueleine A.

LICENCIA:

Este trabajo se publica bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.



CÓMO CITAR:

Rodríguez-Deméneghi, M. V., Ramírez-Mosqueda, M. A., Armas-Silva A. A., Aguilar-Rivera, N., Gheno-Heredia, Y. A. Biofábricas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en México como oportunidad de desarrollo agrario. *Cuadernos de Biodiversidad* (63), 49-54, <https://doi.org/10.14198/cdbio.21952>

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) es la principal orquídea de interés económico y la tercera especia con mayor precio y alta demanda en el mundo debido al dulce aroma y sabor que emana su fruto. A pesar de que México es el centro de origen y domesticación de la vainilla, contando con las condiciones edafoclimáticas ideales para su cultivo, esta especie presenta graves problemas de conservación y reproducción. Actualmente, en México, los nuevos programas de apoyo gubernamental a este sector están motivando el desarrollo de la producción de vainilla, no obstante, todavía no se cuenta con material vegetativo suficiente y de calidad para hacer frente a estos requerimientos. En este sentido, las biofábricas representan una oportunidad para aumentar el número de propágulos comerciales a través de la biotecnología. Estas plantas generadas poseen características agronómicas deseadas que ayudan a resolver la problemática a la que se enfrentan los productores. Se ha demostrado que estos lugares representan una oportunidad económica redituable por su estabilidad, versatilidad y explotación con función social y/o ecológica. La vainilla es un cultivo altamente atractivo desde el punto de vista económico y puede llegar a constituir una gran oportunidad para impulsar el desarrollo agrario de las zonas productoras.

Palabras clave: Producción de vainilla; micropropagación; biotecnología.

SUMMARY

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) is the main orchid of economic interest and the third most expensive and demanded spice in the world due to the sweet aroma and flavor that emanates from its fruit. Even though Mexico is the center of origin and diversification of vanilla, this species presents serious conservation problems and the main difficulties it faces are the lack of genetic variability caused by the loss of its natural habitat, the excessive collection on a large scale for illegal sale caused by a new demanding market and deforestation. Currently in Mexico the production area is increasing motivated by new government programs that are supporting this sector, but there is not enough quality vegetative material to meet these requirements. In this sense, biofactories represent an opportunity to increase national figures, since they are production centers that, under the application of biotechnology, have the objective of increasing the generation of plants (generally of agricultural interest) with the desired characteristics to solve problems faced by producers. It has been shown that these places represent a profitable economic opportunity due to their stability, versatility and exploitation with a social and/or ecological function. Vanilla is a highly attractive crop from an economic point of view and can become a great opportunity for producers if it is used correctly through material from a biofactory, promoting agricultural development in producing areas.

Keywords: Vanilla production; micropropagation; biotechnology

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VAINILLERO EN MÉXICO

La vainilla (*Vanilla planifolia*) es una orquídea cuyo aprovechamiento está dirigido por las industrias gastronómica, farmacéutica y cosmética debido al dulce aroma y sabor que emana su fruto (Herrera-Cabrera et al., 2016). Actualmente, México es el tercer productor a nivel mundial (con una producción de 561 toneladas/año), por detrás de Madagascar (con una producción de 3.227 toneladas/año) e Indonesia (2.069 toneladas/año) (FAOSTAT, 2022). Dado que México se considera el centro de origen y domesticación de este cultivo (Herrera-Cabrera et al., 2016), es necesario adoptar las medidas necesarias para incrementar su productividad hasta los valores de sus principales competidores.

En la región del Totonacapan México, lugar de origen de este cultivo, en la actualidad se busca el beneficio económico a través de la venta de propágulos comerciales. A pesar del alto valor de los esquejes de esta especie, no se ha sabido explotar de manera correcta por parte de los productores, debido a que se obtiene un número limitado de propágulos a partir de una planta adulta (Ramos-Castellá et al., 2014). Además, este tipo de reproducción asexual genera poca variabilidad genética entre las poblaciones de vainilla (Bory et al., 2008a; Simiyu et al., 2020), lo que se ha traducido en la obtención de plantas con gran susceptibilidad a enfermedades, plagas y cambios estacionales en el clima como exceso de calor,

humedad, frío, etc. (Charron et al., 2018), provocando serias pérdidas económicas y materiales para los productores (Bory et al., 2008b; Pinaría et al., 2010; Hernández-Hernández, 2011). Por otra parte, la reproducción sexual a partir de semillas no permite la obtención de propágulos comerciales. Esto se debe a la casi nula germinación de semillas de manera natural (Yeh et al., 2021). Sin embargo, a través del cultivo *in vitro* se puede lograr la germinación de estas semillas, en bajos porcentajes (Menchaca et al., 2011; Yeh et al., 2021) (Figura 1). Por tal motivo, se denota que las técnicas biotecnológicas son una alternativa para el aumento en la propagación de vainilla, ya que contribuyen significativamente en los programas de propagación y conservación de las especies vegetales que permitan crear nuevos bancos de germoplasma y disponer de abundante material en condiciones fitosanitarias adecuadas (Engelmann y Takagi 2000).

OPORTUNIDADES, VENTAJAS Y BENEFICIOS PARA EL SECTOR VAINILLERO A TRAVÉS DE LA BIOTECNOLOGÍA

La biotecnología es una herramienta cuyo principio es el aprovechamiento de organismos vivos y/o la implementación de ciertos elementos que puedan influir positivamente en los organismos a estudiar, como lo pueden ser estimuladores de



Figura 1 Vaina de vainilla (*Vanilla planifolia*). a) vaina de vainilla con corte longitudinal. b) semillas de vainilla (Fuente: Armas-Silva, 2022).

crecimiento en las plantas (Efferth, 2019). Aquí destacan técnicas como el Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV), que tiene como principio la propagación de plantas empleando una mínima parte denominada explante, la cual debe tener capacidad regenerativa en sus células para poder formar nuevas plantas con características deseables (Nielsen et al., 2019; Pérez, 2021). Estas plantas cuentan con la característica de ser libres de fitopatógenos o cualquier agente contaminante. Además aplicando programas de selección *in vitro* se puede obtener plantas resistentes a plagas, sequía, calor, hongos y/o cualquier patógeno que pueda comprometer la producción de este cultivo, así como de plantas con las características deseables para los mercados nacional e internacional (Loyola-Vargas & Ochoa-Alejo, 2018).

Numerosos estudios han llevado a cabo la propagación de la vainilla a través del CTV, con distintos objetivos tales como multiplicación, el cual presenta una tasa de multiplicación de 11,41 brotes/explante empleando técnicas de cultivo *in vitro* a través de sistemas de inmersión temporal y con un porcentaje de aclimatación del 98% (Ramírez-Mosqueda & Bello-Bello 2021), estimulación para crecimiento de estructuras vegetales como tallos, raíces, generación de hojas (Ramírez-Mosqueda & Iglesias-Andreu, 2015; Ramos-Castellá et al., 2014) (Figura 2) y

generación de resistencia a estrés biótico y/o abiótico (Ramírez-Mosqueda et al., 2018). De esta manera se ha demostrado que existen resultados prometedores para la propagación de vainilla. Sin embargo, este tipo de desarrollo tecnológico no siempre llega a concretarse como transferencia de tecnología a los productores que son la base de la producción a nivel nacional.

En este contexto, surgen las biofábricas como una oportunidad de transferencia enfocada a los productores (Infante et al., 2020). Éstas generan empleos además de hacer más eficientes los procesos de producción, brindando una oportunidad para que México sea un país competitivo en la producción de vainilla.

IMPLEMENTACIÓN DE BIOFÁBRICAS CON ENFOQUE EN LA PRODUCCIÓN DE VAINILLA

Las biofábricas son consideradas como centros de producción y se caracterizan principalmente por la propagación de especies de interés agrícola y ornamental, todo a través de técnicas biotecnológicas (Espinosa et al., 2020). Destacan por la estabilidad que representan debido a la versatilidad y facilidad de explotación de sus productos generados, ya sea con función social y/o ecológica (Sani et al., 2019).

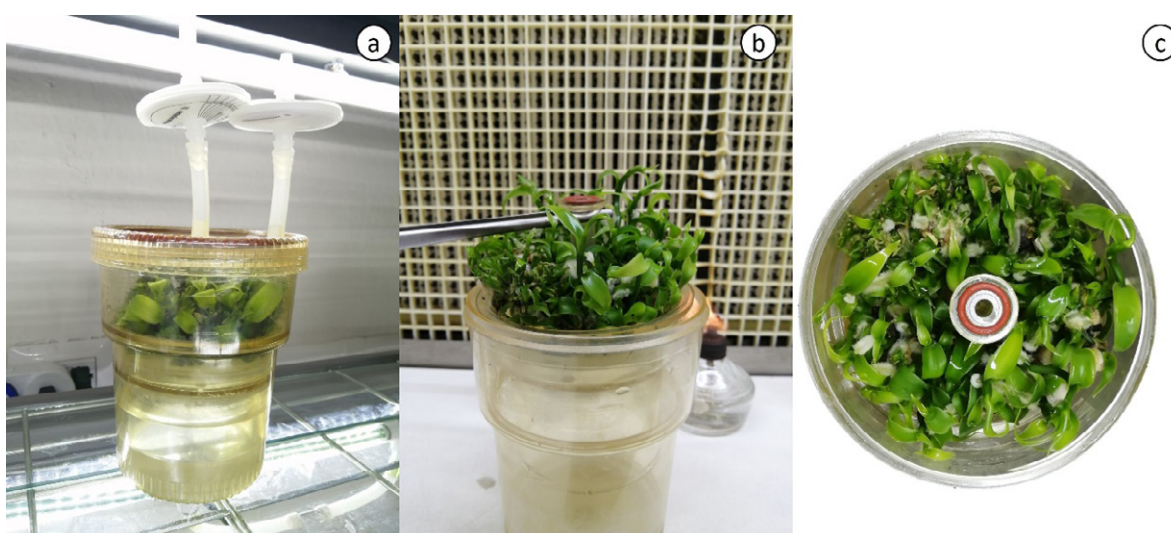


Figura 2 Micropropagación de vainilla. a) biorreactor RITA. b) Plantas de vainilla generadas en biorreactor. c) vista superior del biorreactor RITA con vainilla (Fuente: Armas-Silva, 2022).

Hay países que han demostrado la eficiencia de las biofábricas en cuanto a producción. Un ejemplo es Cuba, país agrícola y productor de caña de azúcar, que ha conseguido aumentar la producción, disminuyendo el tiempo de crecimiento y desarrollo, así como mejorando el rendimiento, todo esto a través de biofábricas establecidas desde 1990 (Santana et al., 2017).

En países como Colombia y Costa Rica se han dedicado a generar plantas de café resistentes a roya, con resultados prometedores. Por otro lado, en México, el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) se dedica al mejoramiento genético de coco para la resistencia a la enfermedad llamada Amarillamiento Letal.

En la Figura 3 se muestra un esquema para la implementación de una biofábrica para la producción de propágulos de vainilla. Estudios como la generación de vainillas resistentes al hongo *Fusarium oxysporum f. sp. vanillae*, el cual provoca la pérdida de hasta un 85% de de la producción, han sido llevado a cabo (Chandran & Thomas, 2009; Iglesias-Andreu et al., 2021). También se han desarrollado estudios para generar plantas de vainilla resistentes a la sequía, fenómeno con tendencia a agravarse en el futuro cercano debido al cambio climático (Chandran & Thomas, 2009; Iglesias-Andreu et al., 2021).



Figura 3 Esquema para el establecimiento de una biofábrica de vainilla (Fuente: Armas-Silva, 2022).

PERSPECTIVAS

Actualmente se encuentra en desarrollo proyectos de investigación cuyo principal objetivo es identificar las implicaciones socio/económicas del establecimiento de biofábricas dedicadas a la producción de vainilla en la región del Totonacapan. A través del proyecto Posdoctoral “Implicaciones socioeconómicas para el establecimiento de biofábricas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en la región de Totonacapan” y del proyecto “Innovación en la multiplicación *in vitro* de germoplasma de orquídeas con interés ornamental y vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.), bajo sistemas automatizados (proyecto 15 0325 proyecto del fondo COVEICyDET (Consejo Veracruzano para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico)” se espera establecer las necesidades y conocer la aceptación de los productores hacia estos nuevos tipos de tecnologías. Además, se están realizando actividades formativas, con el objetivo de que los productores conozcan las ventajas del establecimiento de estas importantes innovaciones tecnológicas que permitirán impulsar este sector productivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Veracruzano para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEyDET) por el financiamiento del proyecto 15 0325 que permitió la realización de este trabajo. El autor MVRD agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de subvención No. 429702.

LITERATURA CITADA

- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M. F. & Besse, P. (2008a). Biodiversity and preservation of vanilla: Present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(4): 551–571. <https://doi.org/10.1007/s10722-007-9260-3>
- Bory, S., Lubinsky, P., Risterucci, A. M., Noyer, J. L., Grisoni, M., Duval, M. F. & Besse, P. (2008b). Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean). *American Journal of Botany*, 95(7): 805–815. <https://doi.org/10.3732/ajb.2007332>
- Chandran, S. & Thomas, P. (2009). Assorted response of mutated variants of vanilla planifolia Andr. towards drought. *Acta Physiol Plant*, 31: 1023–1029. <https://doi.org/10.1007/s11738-009-0321-4>
- Charron, C., Hubert, J., Minatchy, J., Wilson, V., Chrysot, F., Gerville, S., Ioos, R., Jeandel, C. & Grisoni, M. (2018). Characterization of *Colletotrichum orchidophilum*, the agent of black spot disease of vanilla. *Journal of Phytopathology*, 166(7–8): 525–531. <https://doi.org/10.1111/jph.12714>
- Efferth, T. (2019). Biotechnology Applications of Plant Callus Cultures. *Engineering*, 5(1): 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.006>
- Engelmann, F. & Takagi, H. (2000) Cryopreservation of tropical plant germplasm. En: International Plant Genetics Research Institute (eds), pp. 496. ISBN: 978-92-9043-428-3, ISBN: 92-9043-428-7
- Espinosa, R. A. L., Silva, P. J. J. & Caise, G. M. (2020). Multiplicación *in vitro* del clon de plátano inivit pv 06-30 (*Musa spp*) en condiciones de biofábricas. *Revista Científico-Educacional de La Provincia Granma*, 16: 181–190.
- Hernández-Hernández, J. (2011). Vanilla diseases. En: Havkin-Frenkel D, Belanger FC (eds) Handbook of vanilla science and technology. Wiley, Chichester, pp 26–39
- Herrera-Cabrera, B. E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V. M., Sandoval-Zapotitla, E. & Campos-Contreras, J. E. (2016). Variación de aroma en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad*, 9(4): 328–336. <http://www.mendeley.com/research/vanilla-planifolia-1/>
- Iglesias-Andreu, L., Ramos-Castellá, A. L. & Palafox Chávez, M. de L. (2021). In Vitro Selection of Irradiated Plantlets of *Vanilla Planifolia* Jacks. In the Face of Water Stress. *Research Square*, 1–12. <https://doi.org/http://doi.org/10.21203/RS.3.RS-172096/V1>

- Infante Jiménez, Z., Ortega Gómez, P. & Coutiño Puchuli, A. E. (2020). Las Biofábricas y su relación con el Desarrollo Sostenible en Michoacán, México. En: C. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C (Eds.), *Factores críticos y estratégicos en la interacción territorial desafíos actuales y escenarios futuros*. Ciudad de México, pp. 402–418.
- Loyola-Vargas, V. M. & Ochoa-Alejo, N. (2018). An Introduction to Plant Tissue Culture: Advances and Perspectives. *Methods in Molecular Biology*, 1815: 3–13. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_1
- Menchaca, R., Ramos, J., Moreno, D., Luna, M., Mata, M., Vázquez, L. & Lozano, M. (2011). Germinación *in vitro* de híbridos de *Vanilla planifolia* y *V. pompona*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1): 80–84. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/22945/23724>
- Nielsen, E., Temporiti, M. E. E. & Cella, R. (2019). Improvement of phytochemical production by plant cells and organ culture and by genetic engineering. *Plant Cell Reports*, 38(10): 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02415-z>
- Pérez, J. (2021). Biotecnología vegetal: mejoramiento de cultivos ante el cambio climático. *Investigación*, 3–5.
- Pinaria, A. G., Liew, E. C. Y. & W., B. L. (2010). Fusarium species associated with vanilla stem rot in Indonesia. *Australasian Plant Pathology*, 39: 176–183. <https://doi.org/10.1071/AP09079>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Iglesias-Andreu, L. G., Noa-Carrazana, J. C. & Armas-Silva, A. A. (2018). Selección de genotipos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews resistentes a *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, mediante biotecnología. *Agroproductividad*, 11, 70–74.
- Ramírez-Mosqueda, Marco A. & Iglesias-Andreu, L. G. (2015). Indirect organogenesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 123(3), 657–664. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0868-2>
- Ramírez, M. A., Jericó, M. & Bello, J. B. (2021). SETISTM bioreactor increases *in vitro* multiplication and shoot length in vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Acta Physiologiae Plantarum*, 43(4): 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03227-z>
- Ramos-Castellá, A., Iglesias-Andreu, L. G., Bello-Bello, J. & Lee-Espinosa, H. (2014). Improved propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 50(5): 576–581. <https://doi.org/10.1007/s11627-014-9602-8>
- Sani, L. A., Usman, I. S., Nasir, A. U. & Abdulmalik, M. M. (2019). Micropropagation of pineapple (*Ananas comosus* L. Var. Smooth cayenne) in temporary immersion bioreactor system (TIPS). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 12(2): 207–209. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v12i2.29>
- Santana, I., Rodríguez, J., Nodarse, O., Bernal, A., Rolo, J. M., González, R. & Zayas, C. (2017). *Biofábrica de 5ta generación*. Asociación de Técnicos Azucareros de México A. C. pp. 1–9
- Simiyu, L. N., Wolukau, J. N. & Maurice, O. E. (2020). Diversity assessment of vanilla (*Vanilla* species) accessions in selected counties of Kenya using simple sequence repeats (SSRs) markers. *African Journal of Biotechnology*, 19(10): 736–746. <https://doi.org/10.5897/ajb2020.17216>
- Yeh, C. H., Chen, K. Y. & Lee, Y. I. (2021). Asymbiotic germination of *Vanilla planifolia* in relation to the timing of seed collection and seed pretreatments. *Botanical Studies*, 62(1): 12. <https://doi.org/10.1186/s40529-021-00311-y>