



Aplicaciones e implicaciones biotecnológicas de *Agrobacterium tumefaciens*

Alejandro Sánchez Varela*, Isabel Cristina Rodríguez Luna

Laboratorio de Biotecnología Genómica, Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Boulevard del Maestro S/N, Esq. Elías Piña, Colonia Narciso Mendoza, CP 88710, Reynosa, Tamaulipas, México

Keys: *Agrobacterium tumefaciens*, Galls, Crown, Pathogen, Plants, Application, Biotechnology;

Claves: *Agrobacterium tumefaciens*, Agallas, Corona, Patógeno, Plantas, Aplicación, Biotecnología.

ABSTRACT

Biotechnological applications and implications of Agrobacterium tumefaciens. *Agrobacterium tumefaciens* is a widespread bacterium recognized for inducing plant diseases, most notably crown gall or tumor formation. This pathogen can severely diminish crop yields, thereby reducing agricultural productivity and generating economic losses for farmers. Its presence in infected plants also disrupts local ecosystems, creating imbalances in both flora and fauna. The damage extends beyond cultivated species, as other organisms within the ecosystem may be affected. Effective management of this infection is therefore crucial to safeguard crop health and ecological stability, requiring continuous monitoring and the implementation of strategies to mitigate its impact. Interestingly, despite its pathogenic role, *A. tumefaciens* has become a valuable biotechnological tool due to its natural ability to transfer genetic material across species. This property enables the introduction of genes that enhance crop resistance to pests, stimulate metabolite production, or even support applications in human gene therapy, highlighting its dual significance in agriculture and biotechnology.

RESUMEN

Agrobacterium tumefaciens es una bacteria ampliamente distribuida, reconocida por causar enfermedades en plantas, en especial la denominada corona de agallas o tumores. Este patógeno puede disminuir de manera considerable la producción agrícola, generando pérdidas económicas relevantes para los productores. Su presencia en plantas infectadas también altera los ecosistemas locales, provocando desequilibrios en la flora y fauna, y afectando no solo a cultivos de interés, sino también a otras especies. Por ello, resulta indispensable implementar monitoreos constantes y estrategias de manejo que reduzcan sus efectos, garantizando la salud de los cultivos y la estabilidad ecológica. No obstante, más allá de su papel patógeno, *A. tumefaciens* ha adquirido gran importancia en biotecnología gracias a su capacidad natural de transferir material genético entre especies. Esta propiedad se aprovecha para introducir genes que confieren resistencia a plagas, favorecen la producción de metabolitos útiles o incluso apoyan aplicaciones en terapia génica humana, mostrando su doble relevancia agrícola y biomédica.

Revista Boliviana de Química, 2026, 43, 53-57
ISSN 0250-5460, Rev. Bol. Quim. Paper edition
ISSN 2078-3949, Rev. boliv. quim. e-edition, Jan-Jun
30 junio 2026, <https://doi.org/10.53287/pyii9560fa23f>
© 2026 Universidad Mayor de San Andrés,
Facultad de Ciencias Puras y Naturales,
Carrera Ciencias Químicas, Instituto de Investigaciones Químicas
<https://bolivianchemistryjournaliiq.umsa.bo>

¹Received December 5, 2025, accepted May 25, 2026, published June 30, 2026. *Mail to: asanchezv@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

Agrobacterium tumefaciens es una bacteria fitopatógena de distribución ubicua en suelos agrícolas y ambientes naturales. Su relevancia radica en que es el agente causal de la enfermedad conocida como corona de agallas o tumores, que se manifiesta como proliferaciones anormales en el tejido vegetal, especialmente en tallos y raíces.

Aunque *Agrobacterium tumefaciens* y *Agrobacterium radiobacter* son principalmente bacterias fitopatógenas, se han descrito casos poco frecuentes en los que actúan como **patógenos oportunistas** en humanos. Estas infecciones suelen ocurrir en individuos inmunocomprometidos o con dispositivos médicos invasivos (catéteres, prótesis, drenajes).

Tipos de infecciones reportadas:

- Endocarditis: inflamación de las válvulas cardíacas, generalmente asociada a la presencia de prótesis valvulares.
- Peritonitis: infección del peritoneo, a menudo vinculada a pacientes en diálisis peritoneal.
- Infecciones urinarias: relacionadas con sondas vesicales o alteraciones anatómicas del tracto urinario.
- Neumonía: casos aislados en pacientes hospitalizados con factores de riesgo.

Especies implicadas

- *A. radiobacter*: considerada la especie más frecuente en infecciones humanas, probablemente por su capacidad de colonizar dispositivos médicos.
- *A. tumefaciens*: menos común, pero documentada en casos de endocarditis y peritonitis.

Tipo de infección	Especie asociada	Factores de riesgo
Endocarditis	<i>A. tumefaciens</i> , <i>A. radiobacter</i>	Prótesis valvulares, inmunosupresión
Peritonitis	<i>A. tumefaciens</i>	Diálisis peritoneal
Infecciones urinarias	<i>A. radiobacter</i>	Catéteres urinarios
Neumonía	<i>A. radiobacter</i>	Hospitalización prolongada

En conclusión, aunque *Agrobacterium* es principalmente un patógeno vegetal, su capacidad de adaptarse a nichos distintos le permite ocasionar **infecciones oportunistas en humanos**, sobre todo en contextos hospitalarios y en pacientes vulnerables^{1 2}.

A. tumefaciens como fitopatógeno puede reducir drásticamente la producción de un cultivo, afectando la productividad agrícola, e implicaciones económicas para los productores. Las enfermedades provocadas por *A. tumefaciens*, puede alterar los ecosistemas locales, y debido a su presencia en plantas infectadas produce un desbalance en la flora y fauna.

Las enfermedades causadas por este patógeno no solo afectan a cultivos de interés agrícola —en especial dicotiledóneas y algunas monocotiledóneas—, sino que también pueden comprometer otras especies dentro del ecosistema. *Agrobacterium* introduce su material genético en la célula huésped, primero en el citoplasma y posteriormente en el núcleo³, lo que desencadena la formación de tumores. Para preservar la salud de los cultivos y el equilibrio ecológico, resulta indispensable implementar un manejo adecuado de la infección, que incluya monitoreos constantes y estrategias de control orientadas a mitigar sus efectos. En este sentido, el control efectivo de las enfermedades producidas por *A. tumefaciens* requiere la aplicación combinada de distintas medidas de manejo.

En el manejo integral de plagas, se involucra el monitoreo y el establecimiento de la presencia de *A. tumefaciens* en el medio ambiente, empleo de prácticas culturales como la rotación de cultivos, y el uso de variedades de plantas resistentes al patógeno, así como también el empleo de esta bacteria dada la habilidad de transferir material genético entre especies de diferentes reinos como en este caso entre procariontes y plantas, lo que permitió explicar la aparición de tumores, esta característica es utilizada como herramienta para estudios biotecnológicos de introducción de material genético en las células (transformación).

En los últimos años se ha demostrado la transformación genética de células de hongos y animales⁴. Dichas prácticas no solo reducen la población del patógeno, sino también minimiza la necesidad del empleo de pesticidas. El empleo

de métodos de control biológico promete el manejo de *Agrobacterium*, ciertos microorganismos benéficos, incluyendo ciertas bacterias y hongos pueden inhibir el crecimiento de *Agrobacterium* o limitan su habilidad para infectar plantas. El empleo de estos agentes de control biológico puede ayudar a mantener el balance ecológico y proporcionar una alternativa sustentable a los pesticidas químicos, las plantas transformadas mediante *A. tumefaciens* han sido diseñadas para que expresen una característica determinada, por ejemplo, resistencia a herbicidas, producción de un nuevo compuesto, mejoramiento de la productividad⁵.

La mejora de plantas para la resistencia es otra estrategia. Mediante la selección y el desarrollo de variedades que exhiban natural resistencia a *Agrobacterium* ahora los productores pueden producir cultivos que sean menos susceptibles a la infección. Avances en genética y genómica han acelerado este proceso mediante la capacidad de identificar los genes de resistencia. Sin embargo, es esencial mantener las variedades resistentes y no permitir que emerjan nuevas cepas patógenas. La biotecnología juega un papel importante para mitigar el impacto de *Agrobacterium* en los cultivos. Mediante herramientas como la edición genética y la incorporación de transgenes, es posible aumentar la resistencia de las plantas frente a infecciones bacterianas. Este proceso ocurre gracias a la integración del T-ADN en el genoma de la célula vegetal. Aunque la proteína VirD2 actúa como una ligasa facilitando esta unión, se considera que otras enzimas también podrían participar. Entre ellas destacan las polimerasas, cuya función es transformar la hebra sencilla del T-ADN en una cadena doble, paso esencial dentro de la transformación celular que conduce al desarrollo de plantas modificadas⁴. Además, los métodos biotecnológicos pueden ser una herramienta de desarrollo de diagnóstico para detectar a *Agrobacterium* de manera temprana, para facilitar una intervención para su pronta respuesta en el control.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Algunas aplicaciones de transformaciones mediante el empleo de *A. tumefaciens*

A. tumefaciens a lo largo de décadas ha sido empleado como herramienta biotecnológica, para el desarrollo de metodologías para la construcción de plantas transgénicas, principalmente plantas dicotiledóneas y en menor grado en monocotiledóneas. En la Tabla 1 se presentan algunos ejemplos de las plantas transgénicas y sus características obtenidas mediante el empleo de *A. tumefaciens* como herramienta biotecnológica. Las plantas transformadas mediante el empleo de *A. tumefaciens* expresan ciertas características como resistencia a herbicidas, producción de nuevo compuestos, mayor productividad. Lee y colaboradores reportaron la transformación genética de canola (*Brassica napus*) con un gen que codifica para una proteína oleosina clonada a partir de maíz, donde se logró la expresión del gen en algunos tejidos. Debido a que las oleosinas son proteínas importantes por su función de producción y almacenamiento de lípidos en las semillas, el incremento en la expresión de estas proteínas es primordial para el mejoramiento de las características nutricionales y en la producción de lípidos en cultivos de oleaginosas⁵. Jeknic y colaboradores reportaron una transformación genética en *Iris germanica*, una planta ornamental monocotiledónea que produce compuestos cetónicos con aroma a violetas de importancia en la industria cosmética y la repercusión económica de los cultivos, sin embargo, esta planta presenta algunos problemas como incompatibilidad interespecífica por lo que los trabajos de transformación abren otras posibilidades de mejoramiento genético, empleando *A. tumefaciens*⁶.

Tabla 1. Aplicaciones en la biotecnología de *A. tumefaciens*.

Tratamiento	Tejido Blanco	Referencia
Infección de tejidos mediante el empleo de <i>A. tumefaciens</i> cepa A2008	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>) resistente a insectos por producción de la toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i> en sus tejidos	Perlak y colaboradores, 1990 ⁷
Transformación de hipocótilos mediante infección con <i>A. tumefaciens</i>	Sobrepducción de α y β - caroteno en semillas de canola (<i>Brassica napus</i>)	Shewmaker y colaboradores, 1999 ⁸
Cocultivo de embriones con <i>A. tumefaciens</i> cepa LBA4404	Desarrollo de arroz dorado, variedad de <i>Oryza sativa</i> que produce y acumula en los granos β - caroteno, como precursor de la vitamina A.	Ye y colaboradores, 2000 ⁹
Infección e discos foliares con <i>A. tumefaciens</i> cepa EHA105.	Producción y acumulación de astaxantina, carotenoide de origen bacteriano en tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>)	Mann y colaboradores 2000 ¹⁰

Transformación genética con *Agrobacterium tumefaciens*

Agrobacterium tumefaciens es una bacteria utilizada ampliamente en biotecnología vegetal por su capacidad de transferir fragmentos de ADN (T-DNA) hacia el genoma de las plantas. Este proceso ha permitido el desarrollo de cultivos con características mejoradas, como resistencia a plagas o tolerancia a condiciones ambientales adversas.

Durante el proceso de patogénesis, *Agrobacterium tumefaciens* enfrenta diversos factores que reducen la eficacia de la transformación genética. Uno de los principales retos es la regeneración de las plantas después de la integración del T-DNA, lo cual representa un obstáculo significativo en numerosas especies y genotipos vegetales. Además, existen elementos biológicos que modulan la eficiencia de la transformación mediada por esta bacteria, influyendo en el éxito del procedimiento. En respuesta a estas limitaciones, se han desarrollado estrategias innovadoras basadas en ingeniería genética, las cuales han logrado incrementar de manera notable la capacidad de regeneración de tejidos vegetales y, en consecuencia, mejorar la eficiencia global del proceso de transformación en diferentes cultivos.

Aunque la transformación mediada por *A. tumefaciens* enfrenta limitaciones técnicas, los avances en ingeniería genética han permitido superar varios obstáculos, consolidando esta herramienta como esencial en la biotecnología agrícola.

La activación y establecimiento de la virulencia en *Agrobacterium tumefaciens* depende de la acción de los genes **vir**, los cuales se inducen mediante interacciones con pequeñas moléculas presentes en los tejidos del huésped. Estas señales químicas vegetales desencadenan la expresión de los genes responsables de la capacidad patogénica de la bacteria. Asimismo, la disponibilidad de **iones de calcio** en el suelo desempeña un papel clave, ya que favorece la fijación polar de las células bacterianas sobre los pelos radiculares, facilitando así el inicio del proceso de infección y transferencia de ADN¹¹.

Concentraciones bajas de calcio adicionadas a *A. tumefaciens* en suspensión regula positivamente la producción de polisacáridos y de la fijación polar, así como también en la propagación de callos aumenta la eficiencia de transformación¹².

Es relevante destacar que el ion calcio no solo participa en la adhesión bacteriana, sino que también regula la organización de la pared celular vegetal. Este efecto se manifiesta a través de su interacción con los polisacáridos pécticos de homogalacturonano, lo cual incrementa la rigidez estructural de la pared¹³. La pared celular, reconocida como una barrera natural frente al ataque de patógenos, desempeña un papel crucial en la defensa de la planta. Sin embargo, el aflojamiento de esta estructura, tanto en el tejido del huésped como en *Agrobacterium tumefaciens*, resulta esencial para que ocurra la transformación genética. Por ello, se han desarrollado múltiples investigaciones orientadas a esclarecer las bases genéticas que determinan la resistencia de las plantas frente a la acción de *A. tumefaciens*.

Se han realizado estudios del tamizaje genético de cepas mutantes de *A. thaliana* resistentes a transformarse por *A. tumefaciens* (rat a), donde se identificaron algunos genes de síntesis de la pared celular entre los que destacan, una manosa sintasa (rat 4), β -expansina (rat 18), y una proteína arabinogalactano (AGP) o glucoproteínas tipo extensinas (rat 1 y rat 3)^{14 15}.

Estas enzimas juegan un papel importante para el aflojamiento de la pared celular e inducen la liberación de azúcares de manera sinérgica con genes **vir** asociado a compuestos fenólicos de origen vegetal. Así como también se encontró que la proteína arabinogalactano 17 (AGP17/rat 1), con alto contenido de lisina, es indispensable para la fijación polar de *A. tumefaciens* al tejido vegetal, entre otras¹⁶.

CONCLUSIONES

Agrobacterium tumefaciens es una bacteria fitopatógena capaz de infectar diversos cultivos y reducir su productividad. No obstante, posee características singulares que la convierten en un recurso valioso para la **biotecnología agropecuaria**, especialmente como herramienta en el desarrollo de sistemas de diagnóstico. Para aprovechar su potencial, resulta esencial comprender las **interacciones planta-microorganismo**, ya que la regulación de los procesos de inducción y fijación de la virulencia es determinante para lograr una transformación genética eficiente tanto en la bacteria como en el huésped vegetal.

Asimismo, la **detección temprana** de patógenos altamente agresivos constituye un paso fundamental en la protección de los cultivos. La transformación de plantas con el fin de incrementar su resistencia frente a estos agentes



oportunistas abre la posibilidad de intervenciones más eficaces, ya sea mediante la **expresión o silenciamiento génico** o a través del desarrollo de **terapias génicas**. Estas estrategias permiten una respuesta rápida y dirigida en el control de enfermedades fitopatógenas, consolidando el papel de *A. tumefaciens* como un aliado en la innovación agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, al Sistema de Becas por Exclusividad (SIBE), del Programa de Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) del Instituto Politécnico Nacional, y a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional.

REFERENCIAS

- ¹ J. Freney, L.D. Gruer, and N. Bornstein, Septicemia caused by *Agrobacterium* sp., *J Clin Microbiol*, 1985, **22**, 683e685.
- ² C.Y. Chen, K.S. Hansen, and L.K. Hansen, *Rhizobium radiobacter* as an opportunistic pathogen in central venous catheter-associated bloodstream infection: case report and review, *J Hosp Infect.*, 2008, **68**, 203. DOI: 10.1016/j.jhin.2007.11.021.
- ³ A. Pitzschke and H. Hirt, New insights into an old story: *Agrobacterium* induced tumor formation in plants by plant transformation, *EMBO J.* 2010b, **29**, 1021. DOI: 10.1038/emboj.2010.8
- ⁴ T. Kunik, T. Tzfira, Y. Kapulnik, Y. Gafni, C. Ding wall, and V. Citovsky, Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*, *Proceedings of the National Academic of Sciences*, 2001, **98**, 1871.
- ⁵ W. S. Lee, J. T. C. Tzen, J. C. Kridl, S. E. Radke, and A. H. C. Huang, Maize oleosin is correctly targeted to seed oil bodies in *Brassica napus* transformed with the maize oleosin gene, *Proceedings of the National Academic of Sciences*, 1991, **88**, 6181.
- ⁶ Z. Jeknic, S. P. Lee, J. Davis, R. C. Ernst, and T. H. H. Chen, Genetic transformation of *Iris germanica* mediated by *Agrobacterium tumefaciens*, *Journal of American Society for Horticultural Science*, 1999, **12**, 565.
- ⁷ F. J Perlak., R. W. Deaton, T. A. Armstrong, R. L. Fuchs, S. R. Sims, J. T Greenplate, and D. A. Fisch hoff, Insect resistant cotton plants, *Bio technology*, 1990, **8**, 939.
- ⁸ C. K. Shewmaker, J. A. Sheehy, M. Daley, S. Colburn, and D. Y. Ke, Seed-specific overexpression of phytoene synthase: increase in carotenoids and other metabolic effects, *The Plant Journal*, 1999, **20**, 401.
- ⁹ X. Ye, S. Al-Balili, A. Kloti, J. Zhang, P. Lucca, P. Beyer, and I. Potrykus Engineering the provitamin A (β -carotene) Biosynthetic pathway into (carotenoid free) rice endosperm, *Science*, 2000, **287**, 303.
- ¹⁰ V. Mann, M. Harker, I. Pecker, and J. Hirschberg, Metabolic engineering of astaxanthin production in tobacco flowers, *Nature Biotechnology*, 2000, **18**, 888.
- ¹¹ A. G. Matthyse, Attachment of *Agrobacterium* to plant sur faces, *Frontiers in Plant Science*, 2014, **5**, 252.
- ¹² P. Montoro, N. Teinseree, W. Rattana, P. Kongsawadworakul, and N. Michaux-Ferriere, Effect of exogenous calcium on *Agrobacterium tumefaciens*-mediated gene transfer in *Hevea brasiliensis* (rubber tree) friable calli, *Plant Cell Reports*, 2000, **19**, 851.
- ¹³ A. Peaucelle, S. Braybrook, and H. Höfte, Cell wall mechanics and growth control in plants: the role of pectins revisited, *Frontiers in Plant Science*, 2012, **3**, 121.
- ¹⁴ S. B. Gelvin. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: the biology behind the “gene-jockeying” tool, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2003, **67**, 16.
- ¹⁵ Y. Zhu, J. Nam and J. M. Humara, Identification of *Arabidopsis* rat mutants, *Plant Physiology*, 2003, **132**, 494.
- ¹⁶ Y. M. Gaspar, J. Nam, and C. J. Schultz, Characterization of the *Arabidopsis* lysine-rich arabinogalactan-protein AtAGP17 mutant (rat1) that results in a decreased efficiency of *Agrobacterium* transformation, *Plant Physiology*, 2004, **135**, 21621.