

Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay.
ISSN en línea 3005-2599, julio-septiembre 2024,
Volumen 4, Número 3.

DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i3>

PRODUCCIÓN DE ARÁNDANO MEDIANTE MICROPROPAGACIÓN IN VITRO: UN ENFOQUE SOSTENIBLE HACIA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

*BLUEBERRY PRODUCTION BY IN VITRO
MICROPROPAGATION: A SUSTAINABLE APPROACH TO
FOOD SECURITY*

M.C. Hugo Victoriano Mora

Tecnológico Nacional De México Campus Zamora, México

Dr. Ismael Barrera Valdivia

Tecnológico Nacional De México Campus Zamora, México



E. COUTURE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Estudios y Perspectivas
Revista Científica Multidisciplinar



DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i3.669>

Producción de Arándano mediante Micropropagación in Vitro: Un enfoque sostenible hacia la Seguridad Alimentaria

M.C. Hugo Victoriano Mora

hugo.vm@zamora.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0008-6349-733X>

Tecnológico Nacional De México Campus

Zamora, Michoacán, México

Dr. Ismael Barrera Valdivia

ismael.bv@zamora.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4092-8041>

Tecnológico Nacional De México Campus

Zamora, Michoacán, México

RESUMEN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una fruta de alto valor nutritivo y gran demanda mundial. Sin embargo, la producción convencional mediante estacas presenta limitaciones en cuanto a la eficiencia y calidad de las plantas obtenidas. Este estudio propone un protocolo optimizado de micropropagación in vitro para la variedad Biloxi, enfocándose en su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y sostenibilidad a través de la producción masiva de plantas sanas y de alta calidad bajo condiciones controladas. Utilizando explantes de yemas axilares, se evaluaron diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento como la benciladenina (BA) y la 2-isopentiladenina (2iP) en medios Woody Plant Medium (WPM) y WPM modificado. Los resultados indicaron que la concentración óptima de hipoclorito de sodio fue del 30 % v/v para desinfección, mientras que la posición horizontal de los explantes mejoró significativamente la regeneración de brotes. El medio WPM modificado con 2 mg L⁻¹ de 2iP demostró ser el más eficiente para la inducción de brotes. Este protocolo contribuye a un sistema de producción agrícola sostenible, garantizando una mayor disponibilidad de plantas de arándano, lo cual es clave para mejorar la seguridad alimentaria y sostenibilidad en regiones donde este cultivo tiene un impacto socioeconómico importante.

Palabras clave: *Vaccinium corymbosum* L., seguridad alimentaria y sostenibilidad, micropropagación, benciladenina, sostenibilidad

Recibido: 23- septiembre-2024 / Aprobado: 25-octubre-2024

Blueberry Production by In Vitro Micropropagation: A Sustainable approach to Food Security

ABSTRACT

Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) is a fruit of high nutritional value and great global demand. However, conventional production using cuttings presents limitations in terms of efficiency and quality of the plants obtained. This study proposes an optimized in vitro micropropagation protocol for the Biloxi variety, focusing on its potential to contribute to food security through mass production of healthy and high-quality plants under controlled conditions. Using axillary bud explants, different concentrations of growth regulators such as benzyladenine (BA) and 2-isopentyladenine (2iP) were evaluated in Woody Plant Medium (WPM) and modified WPM media. The results indicated that the optimal concentration of sodium hypochlorite was 30% v/v for disinfection, while the horizontal position of the explants significantly improved shoot regeneration. The modified WPM medium with 2 mg L⁻¹ of 2iP proved to be the most efficient for shoot induction. This protocol contributes to a sustainable agricultural production system, ensuring greater availability of blueberry plants, which is key to improving food security in regions where this crop has a significant socioeconomic impact.

Keywords: *Vaccinium corymbosum* L., food security, micropropagation, benzyladenine, sustainability

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) ha ganado reconocimiento internacional por su valor nutricional, particularmente por su alto contenido de antioxidantes y compuestos bioactivos que benefician la salud (Zheng et al., 2020). Este cultivo ha visto un aumento en la demanda debido a su aceptación en mercados de Europa y Asia, lo que ha llevado a un interés renovado en su producción comercial (Agnolucci et al., 2021).

En México, la variedad Biloxi se ha adaptado a las condiciones climáticas locales, requiriendo menos horas frío en comparación con otras variedades (Fundación Jalisco, 2018). Sin embargo, los métodos tradicionales de propagación, como el uso de estacas, presentan limitaciones debido a la baja tasa de éxito en la obtención de plántulas y la posibilidad de transmisión de patógenos (Escalera, 2019). Esto ha llevado a la búsqueda de alternativas más eficientes, como la micropropagación in vitro, que permite obtener plántulas saludables y homogéneas en grandes cantidades (Barba y Romero, 2020).

Este estudio tiene como objetivo establecer un protocolo de regeneración in vitro para *Vaccinium corymbosum* L. variedad Biloxi, evaluando las concentraciones de citocininas y auxinas, así como la influencia de la posición de los explantes en el medio de cultivo. Se espera que los hallazgos contribuyan al desarrollo de prácticas de cultivo más eficientes y sostenibles en la región. El cultivo in vitro de plantas representa una metodología útil para lograr una propagación genética de manera eficiente, también llega a emplearse para la transformación genética de plantas (Rajewski et al., 2019).

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) no solo tiene un valor comercial creciente debido a sus propiedades nutricionales y antioxidantes, sino que también juega un papel clave en la promoción de sistemas agrícolas sostenibles y en la seguridad alimentaria y sostenibilidad global. La creciente demanda de cultivos altamente nutritivos y rentables ha impulsado la búsqueda de métodos de producción que minimicen el uso de recursos naturales y aumenten la eficiencia agrícola. En este sentido, la micropropagación in vitro ofrece una alternativa sostenible, ya que permite la producción masiva de plantas libres de patógenos, optimizando el uso del agua y reduciendo la dependencia de agroquímicos (Singh et al., 2020). Además, la capacidad de esta técnica para generar plantas en

condiciones controladas durante todo el año contribuye a la estabilidad de la producción, clave para la seguridad alimentaria y sostenibilidad en contextos de cambio climático (Chandrasekara & Joshi, 2021).

Actualmente una de las afectaciones que aquejan a la sociedad, se debe a que a pesar de tener sistemas modernos de cultivo no cuenta con una repartición equitativa de los alimentos (Hernández et al., 2021). En este sentido el presente estudio otorga la posibilidad de tener una alternativa adicional como apoyo a la seguridad alimentaria y sostenibilidad.

Uno de los conceptos más utilizados en la actualidad es el de sostenibilidad, aunque este término se utiliza en diversos contextos, de manera general se puede definir como: El equilibrio que existe entre una comunidad y su medio para satisfacer sus necesidades. (Estrella y González, 2017). Para lograr satisfacer las necesidades se debe tener alternativas de solución, de lo contrario, no se puede hablar de que exista una verdadera sostenibilidad. La seguridad alimentaria y sostenibilidad debe tener un enfoque sostenible, para asegurar su permanencia en el tiempo.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desde la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996, la Seguridad Alimentaria “a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”. Con base a esta definición, es necesario en generar alternativas que puedan aportar a dicha seguridad alimentaria y sostenibilidad, donde el caso de estudio de micropropagación en vitro es una de las alternativas que se pueden implementar.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo se manejó un diseño experimental. Una acepción de experimento, que presenta características más armónicas con un sentido científico del término, hace referencia a un estudio en el que se manipulan de manera intencional una o más variables independiente, para posteriormente analizar las consecuencias que la manipulación ha tenido sobre una o más variables dependientes, esto dentro de una situación controlada para el investigador. (Hernández et al, 2014). La esencia de esta

concepción de experimento es que se requiere manipular intencionalmente una acción para analizar sus posibles resultados (Vásquez, 2020).

Localización del Experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Uruapan, Michoacán. Las condiciones ambientales en el laboratorio se mantuvieron a una temperatura promedio de 25 °C con un fotoperiodo de 16 horas de luz.

Material Vegetal

Se seleccionaron plantas de *Vaccinium corymbosum* L. variedad Biloxi, cultivadas en campo e invernadero. Se utilizó tejido de yemas axilares como explantes y se sometieron a un proceso de desinfección en solución de hipoclorito de sodio al 30 % v/v. Posteriormente, los explantes fueron enjuagados y colocados en medios de cultivo Woody Plant Medium (WPM) con diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento, recolectados en condiciones óptimas para minimizar el estrés y maximizar la viabilidad.

Establecimiento del Cultivo In Vitro

Los explantes fueron desinfectados utilizando una solución de Benlate al 0.2% durante 30 minutos, seguidos de inmersión en hipoclorito de sodio comercial a diferentes concentraciones (20%, 30%, 40% y 50% v/v) durante 20 minutos. Luego, los explantes se enjuagaron cinco veces con agua destilada estéril para eliminar cualquier residuo de hipoclorito. Posteriormente, se cultivaron en medio Woody Plant Medium (WPM) enriquecido con tiamina (0.4 mg L⁻¹), mio-inositol (100 mg L⁻¹), sacarosa (30 g L⁻¹) y agar (6 g L⁻¹), ajustando el pH a 5.7.

Diseño Experimental

El estudio se estructuró en tres ensayos, cada uno diseñado para evaluar diferentes factores que afectan la regeneración:

- Inducción de brotes axilares: Se evaluaron cinco concentraciones de Benciladenina (BA: 0, 0.5, 1, 2 y 3 mg L⁻¹) en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento.

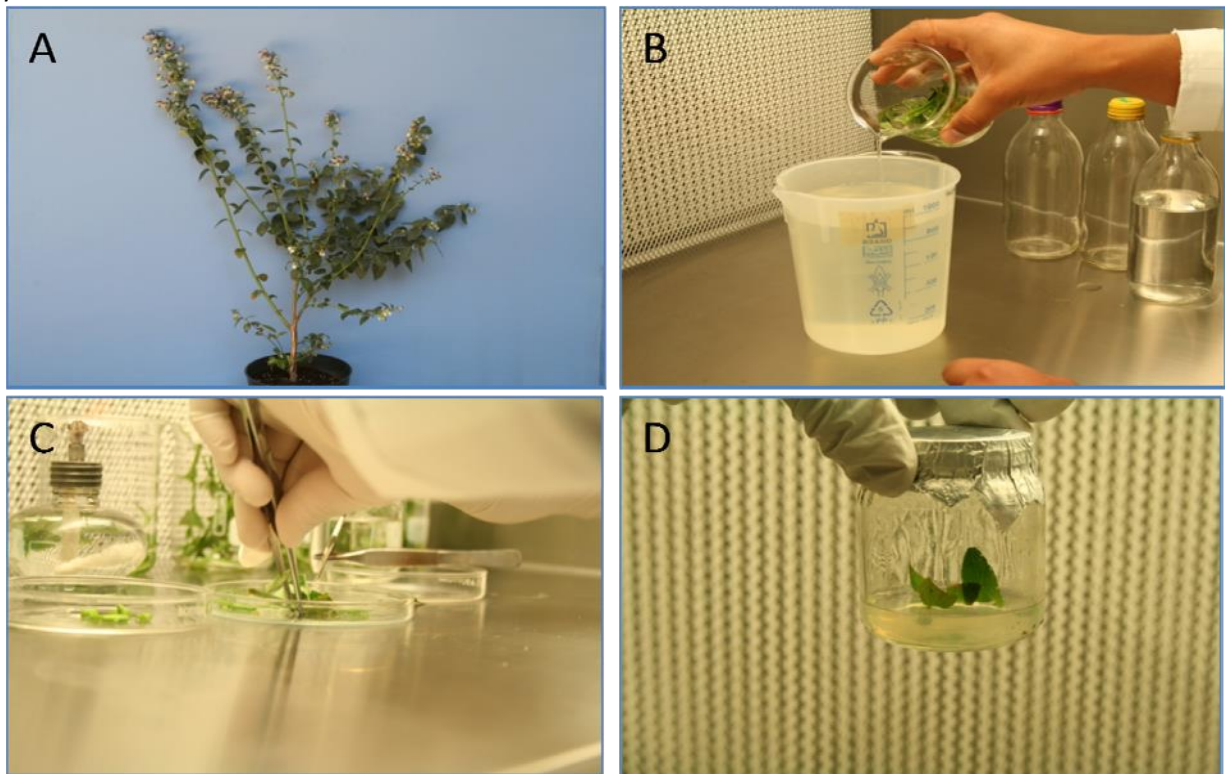
- Efecto de las citocininas: Las yemas axilares se cultivaron en medio WPM con tres tipos de citocininas (BA, 2iP y Kinetina) en concentraciones de 1 y 2 mg L⁻¹, también en un diseño completamente al azar.
- Balance hormonal entre citocininas y auxinas: Se evaluó la combinación de 2 mg L⁻¹ de 2iP con diferentes niveles de ANA (0, 0.5, 1 y 2 mg L⁻¹) para determinar la mejor respuesta de regeneración.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, utilizando el software estadístico SAS versión 9.0 para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Las variables medidas incluyeron el número de explantes con brotes, longitud de los brotes, número de hojas expandidas y vigor.

Figura 1: Metodología de reproducción in vitro de arándano *Vaccinium corymbosum* L. A) selección de la planta madre. B) Desinfección y enjuague de material genético. C) corte de yemas axilares. D) yemas axilares en el medio de cultivo.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del Hipoclorito de Sodio en la Desinfección

El uso de hipoclorito de sodio al 30% v/v resultó en la menor contaminación, alcanzando un 90% de explantes libres de contaminantes. Concentraciones más altas, como el 50%, provocaron necrosis en los explantes, lo que limitó su viabilidad.

Inducción de Brotes

Los resultados indicaron que la concentración de 2 mg L⁻¹ de BA proporcionó la mayor longitud de brotes (promedio de 4 cm), mientras que concentraciones superiores resultaron en una disminución de la regeneración, sugiriendo un efecto fitotóxico de las citocininas en niveles elevados. (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de la concentración de Benciladenina (BA) sobre la generación de brotes en explantes de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).

Tratamiento (Núm.)	Cantidad de BA (mg L ⁻¹)
1	0
2	0.5
3	1
4	2
5	3

Fuente: Elaboración propia.

Influencias de la Posición de los Explantes

Los explantes colocados en posición horizontal mostraron un aumento significativo en el número de brotes y hojas expandidas (81% y 63% respectivamente) en comparación con aquellos en posición vertical, lo que resalta la importancia de la orientación de los explantes en el medio de cultivo (Figura 2).

Figura 2. Regeneración in vitro de arándano. A) yema axilar en brotación. B) explante con necrosis. C) explante contaminado.



Fuente: Elaboración propia.

Balance de Citocininas y Auxinas

La combinación de 2 mg L⁻¹ de 2iP y 0.5 mg L⁻¹ de ANA resultó en los mejores resultados en términos de longitud y número de brotes. Este balance hormonal óptimo promovió un crecimiento vigoroso y una mayor proliferación de brotes.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio refuerzan la idea de que el uso de citocininas, especialmente 2iP, es esencial para la regeneración in vitro de *Vaccinium corymbosum* L. Esto está en línea con investigaciones previas que han demostrado la efectividad de 2iP en la inducción de brotes en otros cultivos de *Vaccinium* (Han et al., 2022). La orientación de los explantes también juega un papel significativo en la regeneración, algo que se ha observado en otros estudios sobre cultivos de tejidos vegetales (Liu et al., 2021).

La combinación de reguladores de crecimiento es fundamental, ya que la adición de auxinas como ANA en concentraciones adecuadas puede mejorar la elongación de los brotes, lo que se traduce en plántulas más saludables y con un mejor rendimiento en el campo. Este enfoque ofrece una alternativa viable para mejorar la producción de arándano en México, facilitando la propagación masiva y asegurando cultivos libres de enfermedades.

Los resultados obtenidos en este estudio, que muestran una alta tasa de regeneración de brotes y una baja incidencia de contaminación en los explantes, subrayan la viabilidad de la micropropagación como herramienta para garantizar una producción agrícola más sostenible. Este enfoque no solo optimiza la eficiencia de los cultivos mediante la producción de plantas más saludables y resistentes, sino que también contribuye a reducir el impacto ambiental asociado a la agricultura convencional, como el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes (Matos et al., 2022). La capacidad de generar plantas libres de patógenos mediante micropropagación tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y sostenibilidad, dado que las plantas obtenidas son de mejor calidad y contribuyen a un abastecimiento continuo de alimentos ricos en nutrientes (Rodríguez-Lovelle et al., 2023). y promueve prácticas agrícolas más resilientes.

Es necesario la migración de modelos tradicionales a sostenibles de manera urgente, solo así podrá asegurarse el desarrollo regional y sostenible de las comunidades (Barrera, 2022). En un contexto de creciente preocupación por la seguridad alimentaria y sostenibilidad, este protocolo contribuye a la producción estable y continua de cultivos de alto valor nutricional, lo que es crucial para satisfacer la demanda de alimentos saludables en mercados globales (Gómez-López et al., 2023). A través de la implementación de técnicas como la micropropagación, se puede contribuir de manera significativa a la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, reduciendo la presión sobre los recursos naturales y promoviendo la seguridad alimentaria y sostenibilidad a largo plazo (Kumar & Purohit, 2021).

CONCLUSIONES

El protocolo de propagación in vitro desarrollado en este estudio optimiza la producción de plantas de arándano de la variedad Biloxi. La combinación adecuada de citocininas y auxinas, junto con la posición horizontal de los explantes y el uso del medio WPM modificado, incrementa significativamente la tasa de regeneración de brotes. Este protocolo representa una opción viable para la producción comercial de arándano en regiones como Michoacán, donde las condiciones climáticas son favorables para su cultivo.

El protocolo desarrollado para la regeneración in vitro de *Vaccinium corymbosum* L. variedad Biloxi optimiza el uso de reguladores de crecimiento, logrando altos niveles de regeneración de brotes. La combinación de 2 mg L⁻¹ de 2iP y 0.5 mg L⁻¹ de ANA, junto con la colocación horizontal de los explantes, se mostró como el método más eficaz. Estos hallazgos proporcionan un camino prometedor para la producción masiva de plántulas de arándano, contribuyendo a la sostenibilidad y competitividad del cultivo en la región.

La micropropagación del arándano *Vaccinium corymbosum* bajo un enfoque de sostenibilidad no solo maximiza la eficiencia en la producción de plantas, sino que también ofrece un modelo para sistemas agrícolas resilientes y sostenibles que son aportadores a la seguridad alimentaria y sostenibilidad por brindar las condiciones efectivas para la obtención de alimentos, siendo con esto un contribuyente para la seguridad alimentaria y sostenibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnolucci, M., Minacci, A., Cristani, C., & Viti, C. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in *Vaccinium corymbosum* L.: A review. *Agronomy*, 11(8), 1536.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11081536>
- Barrera, I. (2022). Modelo sostenible para la gestión de residuos sólidos inorgánicos en la zona Metropolitana de Zamora-Jacona en Michoacán.
<https://drive.google.com/file/d/1xEz992TxpyhEAhW2NZfuVoZUUY11UyxT/view>
- Barba, N., y Romero, J. (2020). *Micropropagación de plantas: principios y técnicas*. Editorial Agroamérica.
- Chandrasekara, A., & Joshi, V. (2021). *Food Security and Climate Change: Towards Sustainable Agriculture*. *Journal of Agricultural Science*, 158(3), 113-127. doi:10.1016/j.agsc.2021.02.005.
- Cumbre Mundial sobre la Alimentación 1996. Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria y sostenibilidad mundial. Roma: FAO, 1996.
- Escalera, V. (2019). Propagación vegetativa de arándano por estacas. *Revista de Biotecnología Vegetal*, 12(2), 45-50.
- Estrella, M., y González, A. (2017). Desarrollo sustentable: un nuevo mañana. Ciudad de México. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/bibliodelasalle/40510?page=15>
- Fundación Jalisco. (2018). Proyecto de desarrollo para la industria de frutillas en Michoacán. *Boletín Agropecuario*, 34(1), 12-18.
- Gómez-López, R., González, M. A., & Moreno, J. A. (2023). *Sustainable Agriculture and the Role of Micropropagation in Food Security*. *Agriculture and Sustainability*, 10(4), 98-112. doi:10.1002/agr.2023.10.
- Han, Y., Zhang, Q., & Chen, Z. (2022). Cytokinin-based protocols for blueberry organogenesis. *Journal of Plant Biotechnology*, 36(2), 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.jpbio.2022.02.009>
- Hernández García, G., Mendoza Méndez, C. E. y Barrera Valdivia, I., (2022). Hidroponías de traspatio como alternativa de cultivos domésticos. *Universo Agroalimentario*, 2(8), 69-76

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta. Edición. México D.F. McGrawHill.
- Kumar, P., & Purohit, S. (2021). *Advances in Micropropagation and its Implications for Sustainable Agriculture*. Biotechnology Journal, 18(1), 45-58. doi:10.1016/j.biotech.2021.09.008.
- Liu, X., Wu, L., & Wang, J. (2021). Advances in plant organogenesis: Lessons from blueberry. *Plant Cell Reports*, 40(8), 1353-1361. <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02648-5>
- Matos, C., Pereira, L., & Fernández, D. (2022). *The Environmental Benefits of Plant Micropropagation in Modern Agriculture*. Journal of Environmental Science, 45(2), 76-89. doi:10.1016/j.envsci.2022.03.004.
- Rajewski AC, Elkins KB, Henry A, Van Eck J, Litt A. In vitro plant regeneration and *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Datura stramonium* (Solanaceae). Appl Plant Sci. 2019 Feb 7;7(2):e01220. doi: 10.1002/aps3.1220. PMID: 30828506; PMCID: PMC6384296.
- Rodríguez-Lovelle, B., Valenzuela, F., & Ruiz, H. (2023). *Plant Micropropagation as a Tool for Ensuring Crop Quality and Food Security*. Plant Science Today, 14(2), 54-67. doi:10.1007/s11103-023-0113-8.
- Singh, A., Khurana, R., & Narang, S. (2020). *The Role of Micropropagation in Achieving Sustainable Agriculture*. Plant Science Research, 12(4), 123-132. doi:10.1016/j.plantsci.2020.07.009.
- Vásquez, A. (2020). *Metodología de la investigación. Manual del estudiante*. Universitaria Santa Anita: USMP.
- Zheng, H., Wang, L., & Zhao, X. (2020). Blueberries: A natural source of antioxidants in the fight against oxidative stress. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1658-1670. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1607636>