

Evaluación de la aplicación de rizobacterias y fertilización química en la producción y calidad del fruto de *Physalis peruviana*

Evaluation of the application of rhizobacteria and chemical fertilization in the production and quality of the *Physalis peruviana* fruit

Isaac Guajardo-Paz*, Valentín Robledo-Torres**✉, Rosalinda Mendoza-Villarreal**, Armando Hernández-Pérez**, Manuel Sandoval-Villa***, Marcelino Cabrera-De la Fuente**

Guajardo-Paz, I., Robledo-Torres, V., Mendoza-Villarreal, R., Hernández-Pérez, A., Sandoval-Villa, M., & Cabrera-De la Fuente, M. (2023). Evaluación de la aplicación de rizobacterias y fertilización química en la producción y calidad del fruto de *Physalis peruviana*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 31(90), e4281, <https://doi.org/10.33064/icyucaa2023904281>

RESUMEN

El goldenberry (*Physalis peruviana* L.) es un cultivo potencial y alternativo porque presenta frutos nutritivos, y se adapta a condiciones adversas. El presente estudio se realizó en Saltillo, Coahuila, México para conocer cómo las rizobacterias afectan su producción en condiciones de invernadero. Se aplicaron dos cepas de rizobacterias nativas de matorrales de Coahuila A1 y A2 en dosis de 1×10^6 , una cepa comercial *Azospirillum brasilense*, combinadas con distintas concentraciones de fertilización química (FQ), un testigo absoluto y uno con FQ. La cepa A2 sin FQ aumentó peso del fruto (25.7%) y combinada con 50% de FQ aumentó vitamina C (17.6%) y el contenido de fósforo (P) (14.6%) respecto al testigo absoluto, la cepa A1 sin FQ elevó el contenido de potasio (K) (17.9%) y magnesio (Mg) (15.5%), y combinada con 50% de FQ incrementó grados Brix (11%) respecto al tratamiento con 100% de FQ.

Palabras clave: *Azospirillum*; uchuva; invernadero; alternativo; biofertilizantes; rendimiento.

Recibido: 10 de febrero de 2023 Aceptado: 28 de agosto de 2023 Publicado: 30 de septiembre de 2023

*Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: isaac.cobac.1f@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7393-2832>

**Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: robledo3031@gmail.com; rosalingdamendoza@hotmail.com; hernandez865@hotmail.com; cafum7@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5235-6584>; <https://orcid.org/0000-0002-0600-4358>; <https://orcid.org/0000-0001-9182-618X>; <https://orcid.org/0000-0002-3292-2793>

***Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, C. P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Correo electrónico: smanuel@colpos.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0228-0734>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) is a potential alternative crop because it has nutritious fruits and adapts to adverse conditions. The present study was conducted in Saltillo, Coahuila, Mexico to determine how rhizobacteria affect its production in greenhouse conditions. Two strains of rhizobacteria native to Coahuila scrublands A1 and A2 were applied at a dose of 1×10^6 , a commercial strain *Azospirillum brasilense*, combined with different concentrations of chemical fertilization (CF), an absolute control and one with CF. Strain A2 without CF increased fruit weight (25.7%), and combined with 50% CF increased vitamin C (17.6%) and phosphorus (P) content (14.6%) with respect to the absolute control, strain A1 without CF increased potassium (K) (17.9%) and magnesium (Mg) (15.5%) content, and combined with 50% CF increased Brix (11%) with respect to the treatment with 100% CF.

Keywords: *Azospirillum*; cape gooseberry; greenhouse; alternative; biofertilizers; yield.

INTRODUCCIÓN

El fruto de *Physalis peruviana* L., conocido como goldenberry, uchuva o aguaymanto está tomando gran importancia a nivel global por sus propiedades nutritivas, medicinales, ornamentales y su potencial en la industria alimentaria y cosmética. El fruto es de sabor agridulce, tiene altos contenidos de provitamina A, vitaminas del complejo B, C y minerales como el hierro (Fe) y el fósforo (P) (Fischer, Almanza-Merchán, & Miranda, 2014). La planta es capaz de adaptarse a variadas condiciones climáticas, por lo que es un cultivo potencial, alternativo y viable; especialmente en regiones con suelos poco fértiles (Castañeda-Salinas et al., 2013), con excelente potencial de exportación; ya que el fruto es apreciado en los mercados de Europa, EE. UU. y Canadá (Fischer et al., 2014). Sin embargo, en estos países las normas de comercialización son estrictas y sólo reciben frutos de alta calidad con ausencia de agroquímicos.

El uso ineficiente e indiscriminado de agroquímicos ha ocasionado gran contaminación ambiental, además de la degradación y pérdida de fertilidad en los suelos (Alcarraz-Curi, Heredia-Jiménez, & Julián-Ibarra, 2019). Por ello, el uso de rizobacterias en ambientes protegidos es una alternativa para eficientar el uso de los agroquímicos y lograr una producción agrícola sostenible (FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF, 2022). Las bacterias en simbiosis con las plantas actúan como complemento de la raíz en la toma de nutrientes y aumentan su tolerancia a estrés abiótico (Miranda, Ulrichs, & Fischer, 2012); lo que hace que sean llamadas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal o RPCV, término proveniente del inglés Plant Growth Promoting Rhizobacteria o PGPR (Moreno-Reséndez, García-Mendoza, Reyes-Carrillo, Vásquez-Arroyo, & Cano-Ríos, 2018).

Las bacterias del grupo de RPCV del género *Azospirillum* fijan el nitrógeno atmosférico (N_2), producen hormonas que promueven el crecimiento y tienen efecto positivo en la translocación de nutrientes desde la raíz hasta la parte aérea de las plantas; también promueven un incremento del contenido de minerales como el calcio (Ca) o potasio (K) y rendimiento de los cultivos, lo que se ha demostrado en varios estudios (Domingues-Duarte, Cecato, Trento-Biserra, Mamedio, & Galbeiro, 2020; Jiménez-Gómez, Celador-Lera, Fradejas-Bayón, & Rivas, 2017; Rueda et al., 2016). Además, las rizobacterias pueden reducir la aplicación de fertilización química hasta 50% (Gómez-Marroquín & Núñez-Zarantes, 2014), por lo que este trabajo tiene como objetivo conocer el efecto de las

rizobacterias en la producción y la calidad de goldenberry en invernadero, teniendo como hipótesis que uno de los tratamientos con este tipo de microorganismos aumentará la producción y calidad de fruto de esta especie a la vez que se reduce la fertilización química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Saltillo, Coahuila, México, cuya ubicación geográfica es 25° 23' LN y 101° 80' LO, con altitud de 1785 m s. n. m. Se utilizaron plantas de goldenberry (*P. peruviana* L.) ecotipo Colombia, las cuales se obtuvieron de semilla proveniente de Ecuador por parte de uno de los autores de este trabajo, pues hasta ahora no hay distribuidor en México; se establecieron en un invernadero de mediana tecnología tipo asimétrico con cubierta de polietileno, en suelo acolchado con polietileno negro y riego por goteo.

Se evaluaron 11 tratamientos distribuidos en tres repeticiones, considerando cuatro plantas por tratamiento en cada repetición (tabla 1). Se utilizaron dos cepas de bacterias del género *Azospirillum* que fueron proporcionadas por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; las cuales eran nativas de un área de matorrales y nopales silvestres en General Cepeda, Coahuila, México, habiendo sido aisladas previamente mediante el método de dilución y siembra en placa con medio libre de nitrógeno NFB (Koul, Tripathi, Adholeya, & Kochar, 2015); para determinar la morfología se realizó la tinción de Gram y se observó al microscopio óptico. La identificación se logró de acuerdo con sus características fenotípicas. Los tratamientos se formaron por estas dos cepas mencionadas (A1 y A2) y una cepa comercial (CC) *Azospirillum brasilense* llamada Azofer, cada una combinada con tres niveles de fertilización química (FQ), 0, 50 y 100% de la solución Steiner, que se preparó con los siguientes fertilizantes: fosfato monoamónico [(NH₄) H₂PO₄], nitrato de potasio más azufre [KNO₃ + S], nitrato de calcio [Ca (NO₃)₂], nitrato de magnesio [Mg (NO₃)₂], una mezcla de micronutrientes [Ultrasol micro mix®], ácido sulfúrico a 90% [H₂SO₄]; además se contó con un testigo absoluto y otro testigo solo con FQ (100% FQ).

Tabla 1
Tratamientos aplicados a goldenberry

Tratamiento	Cepa de rizobacteria	Dosis de fertilización	Abreviatura usada
1	Ninguna	0%	Test. absoluto
2	Nativa A1	0%	A1 sin FQ
3	Nativa A1	50%	A1 + 50% FQ
4	Nativa A1	100%	A1 + 100% FQ
5	Nativa A2	0%	A2 sin FQ
6	Nativa A2	50%	A2 + 50% FQ
7	Nativa A2	100%	A2 + 100% FQ
8	Comercial	0%	CC sin FQ
9	Comercial	50%	CC + 50% FQ
10	Comercial	100%	CC + 100% FQ
11	Ninguna	100%	100% FQ

Nota: Elaboración propia.

Las semillas de goldenberry se sembraron en febrero de 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como sustrato turba (Premier Sphagnum Peat Moss)

y perlita mineral (Hortiperl de Termolita) en proporción 60:40. A los 45 días después de la siembra (DDS) se realizó el trasplante en invernadero en un suelo mayormente arcilloso y con pH de 8, en camas con acolchado plástico de color negro y cintilla para riego localizado, con distancia entre surcos de 150 cm y 50 cm entre plantas, a doble hilera con arreglo a tresbolillo, para tener una densidad de 26,666 plantas por hectárea. La planta tuvo un tutorado tipo holandés; se manejó a cuatro tallos, eliminando brotes basales y laterales, además de las hojas de la parte baja en proceso de senescencia y hojas atacadas por plagas.

La solución nutritiva de cada tratamiento se preparó en tanques de 750 l de capacidad protegidos de la luz solar y se aplicó a través del riego cada tercer día, dependiendo de las condiciones climáticas, realizando la aplicación todos los días en días más cálidos. La inoculación de rizobacterias se realizó de acuerdo con lo recomendado en la etiqueta del producto, en la base de cada planta a razón de 20 ml, las cepas nativas a concentración de 1×10^6 unidades formadoras de colonia (UFC)/ml, y la cepa comercial en dilución de 3.8 g de producto comercial en 1 l de agua, para tener dosis equivalentes, realizando tres aplicaciones cada seis semanas a lo largo del ciclo de cultivo. Se cosechó una vez cada semana, obteniendo 10 cortes del fruto (figura 1).



Figura 1. Frutos de goldenberry cosechados.
Fotografía del equipo de investigación.

Componentes de calidad

Se determinó el peso promedio de fruto (PPF) mediante una balanza electrónica de precisión marca Rhino con capacidad máxima de 3 kg y mínima de 0.2 g. Después de ser pesado el fruto se midieron los grados Brix, colocando una gota de jugo de éste en un refractómetro portátil marca Atago con capacidad de hasta 32 grados Brix. La variable vitamina C fue calculada a partir del procedimiento siguiente: se pesaron 20 g de muestra y se trituraron en mortero agregando ácido clorhídrico (HCl) a 2%, a esto se le agregaron 100 ml de agua destilada, después se filtró y se midió el volumen; hecho esto se tomó un alícuota de 10 ml y se tituló con 2,6 dicloroindofenol (reactivo de Thielmann) hasta tornarse a coloración rosácea. Al final se calculó en miligramos por cada 100 gramos ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$)

con la fórmula: $\text{vitamina C} = (\text{VG} \cdot \text{VF} \cdot 0.088 \cdot 100) / (\text{AV} \cdot \text{PM})$, donde VG: volumen gastado de reactivo de Thielmann en titulación, VF: volumen total filtrado, AV: alícuota valorada, así como PM: peso de la muestra.

Contenido de minerales en fruto

A los frutos se les determinó el contenido de nitrógeno (N), P, K, Ca y magnesio (Mg); para lo cual las muestras de fruto se deshidrataron y enviaron al laboratorio de análisis mineral del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo para su análisis. La determinación de P, K, Ca y Mg se realizó con el extracto resultante de la digestión húmeda del material vegetal (fruto) seco con ácido sulfúrico, ácido perclórico y peróxido de hidrógeno (1.3:0.7:1, v:v:v), según lo descrito por Alcántar y Sandoval (1999). Se tomó lectura de los extractos en un equipo de espectrometría de emisión e inducción por plasma (Agilent 725 Series ICP-OES); en tanto que el contenido de N se determinó en una alícuota de 10 ml del digestado antes expuesto, por medio de destilación de la muestra y valoración por titulación con ácido sulfúrico (Vizcaíno-Ríos, 2021).

Los resultados se analizaron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, realizando el análisis de varianza en cada variable y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); además se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el programa estadístico Minitab versión 16.

RESULTADOS

Componentes de calidad

Para el PPF se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) sólo entre dos tratamientos, en donde el tratamiento A2 sin FQ fue el que produjo frutos de mayor peso, 34.7% más que los frutos del tratamiento con 100% de FQ (figura 2).

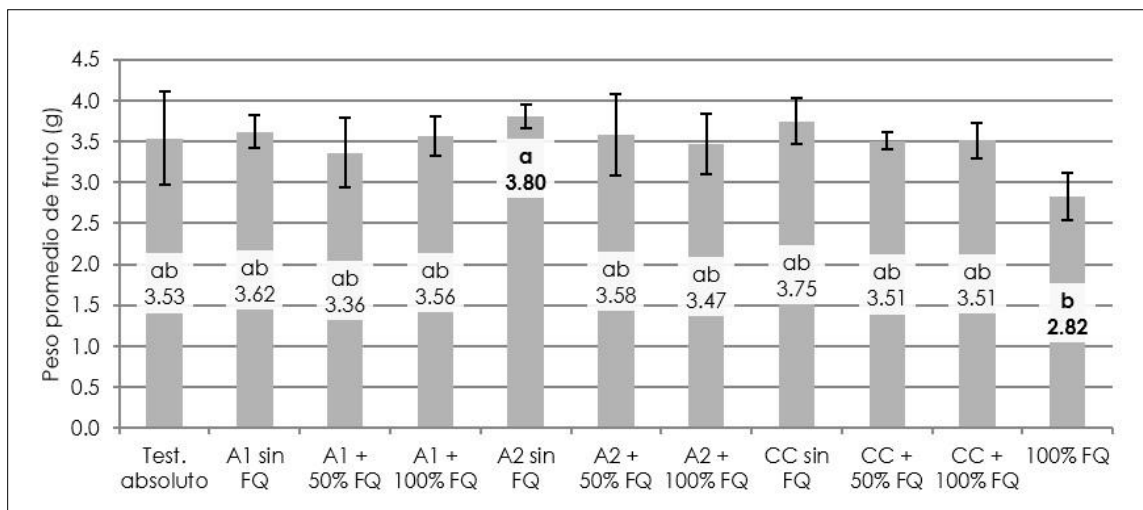


Figura 2. Peso promedio de fruto en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento.

Elaboración propia.

Con diferencia significativa ($p \leq 0.05$) el tratamiento con más contenido de grados Brix fue el de la cepa A1 + 50% FQ, mayor en 13% y 11.5% a las cepas A2 + 100% FQ y CC + 100% FQ, respectivamente; el resto de los tratamientos fueron iguales (figura 3).

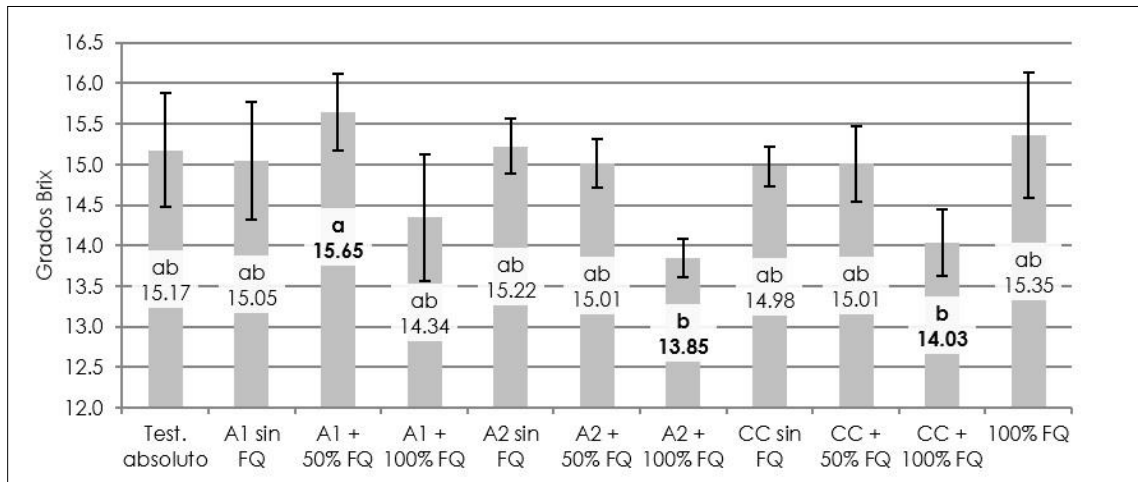


Figura 3. Grados Brix en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento.

Elaboración propia.

En cuanto a contenido de vitamina C, igualmente se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) solo entre dos tratamientos; los resultados muestran que el tratamiento con la cepa A2+50% FQ fue la que indujo el mayor contenido de vitamina C, superando en 17.6% al tratamiento A1+100% FQ (figura 4).

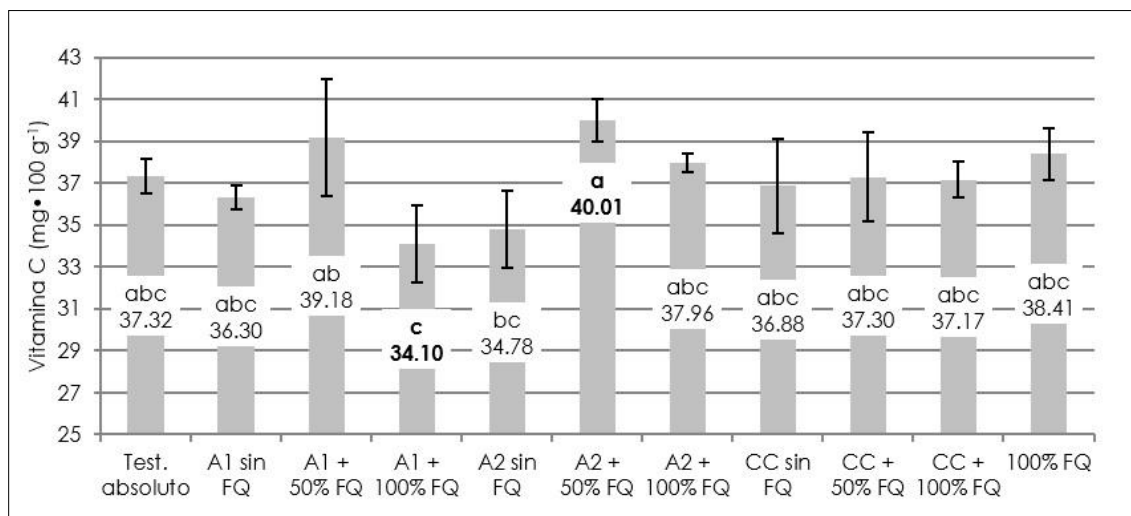


Figura 4. Vitamina C en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento.

Elaboración propia.

Contenido de minerales en fruto

Para el contenido de N y Ca no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, con un contenido alrededor del 1% para N y valores que fluctuaron entre 11 y 12.6 mg 100 g⁻¹ de fruto para Ca.

Para el contenido de P en los frutos si se tuvo diferencia significativa ($p \leq 0.05$), presentando el tratamiento A2 + 50% de FQ el mayor contenido de P, con un valor de 267 mg 100 g⁻¹, el cual fue 17.1% superior que el testigo absoluto; el resto de los tratamientos fueron iguales (figura 5).

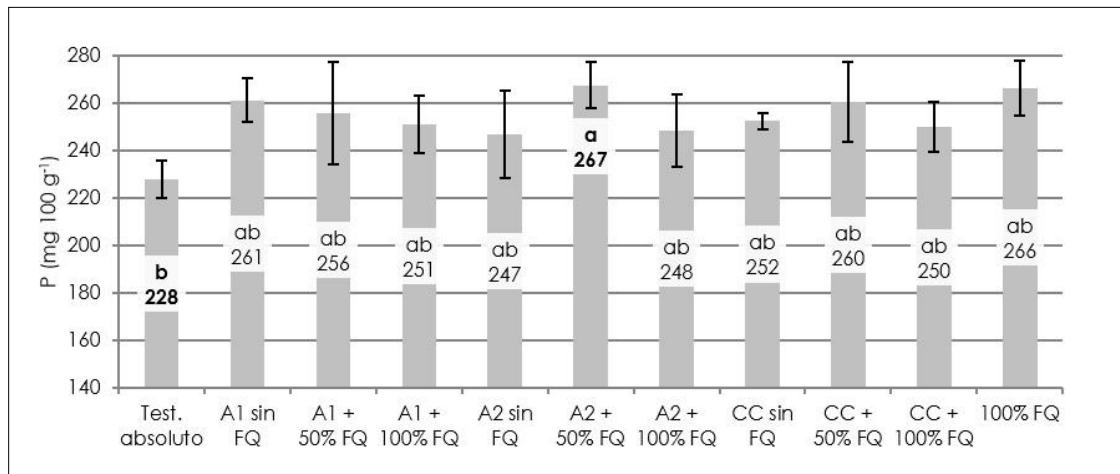


Figura 5. Contenido de P en fruto en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento. Elaboración propia.

Para el contenido de K también se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre algunos tratamientos, siendo el tratamiento con la cepa nativa A1 sin FQ el que superó a los tratamientos de A2 + 100% de FQ, CC + 100% de FQ y de 100% de FQ, habiendo sido 21.8% mayor comparado con este último (figura 6).

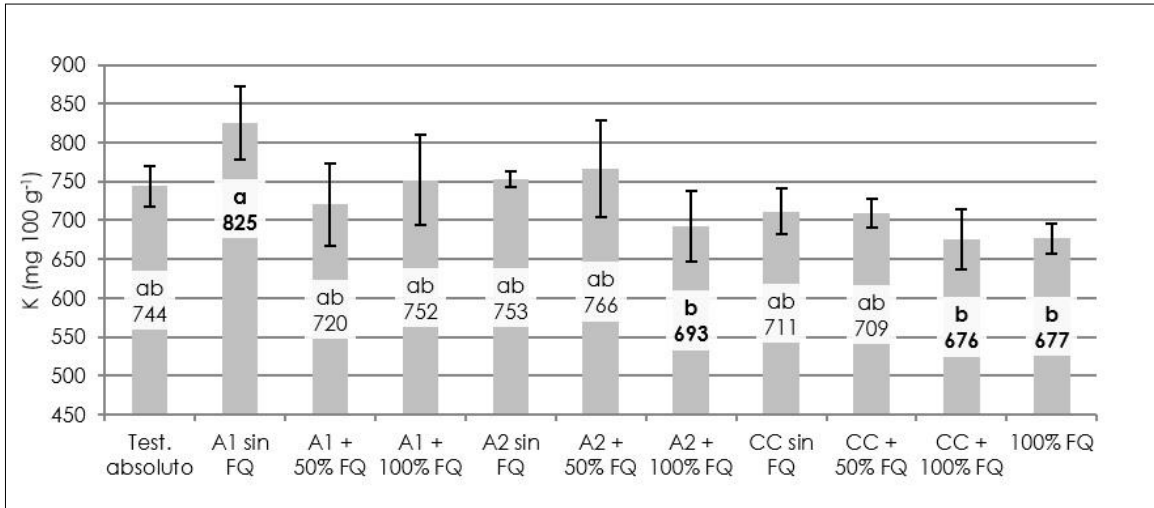


Figura 6. Contenido de K en fruto en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento. Elaboración propia.

Para el contenido de Mg igualmente se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), donde la aplicación de la cepa nativa A1 sin FQ tuvo el mayor contenido de este elemento ($103 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), valor superior en 18.3% al tratamiento que recibió 100% de FQ y en 19.7% al tratamiento con la cepa A2 + 100% de FQ; el resto de los tratamientos fueron iguales (figura 7).

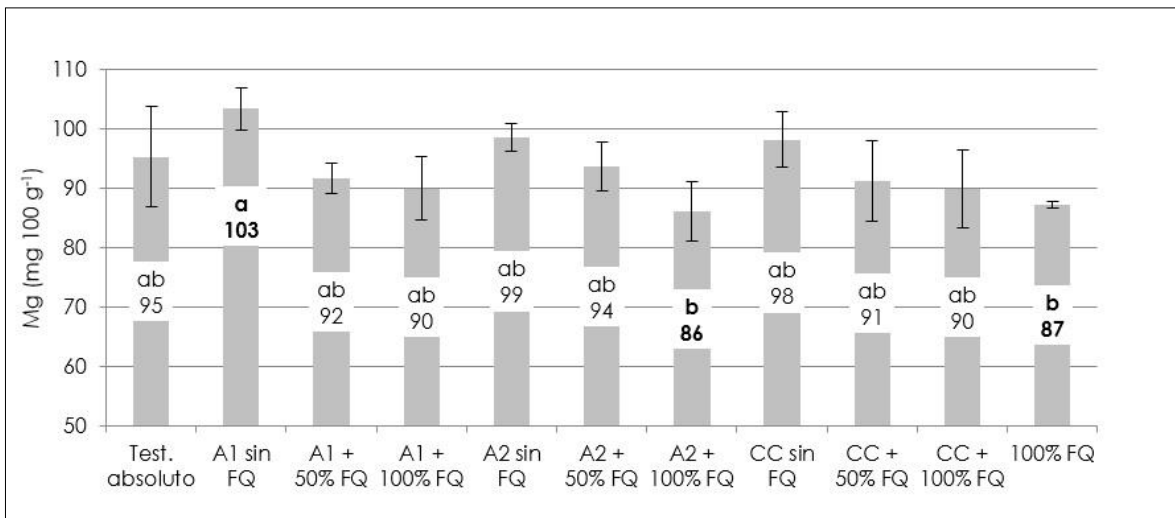


Figura 7. Contenido de Mg en fruto en respuesta al uso de rizobacterias y fertilización química. Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras representan la desviación estándar de cada tratamiento. Elaboración propia.

El análisis de correlación indicó solamente una relación positiva entre K y Mg, dando valores significativos de 0.767 para el coeficiente de correlación de Pearson y 0.006 para el valor de p, por lo que después se realizó un análisis de regresión, obteniendo la ecuación de regresión para predecir el contenido de Mg a partir del contenido de K en fruto (figura 8).

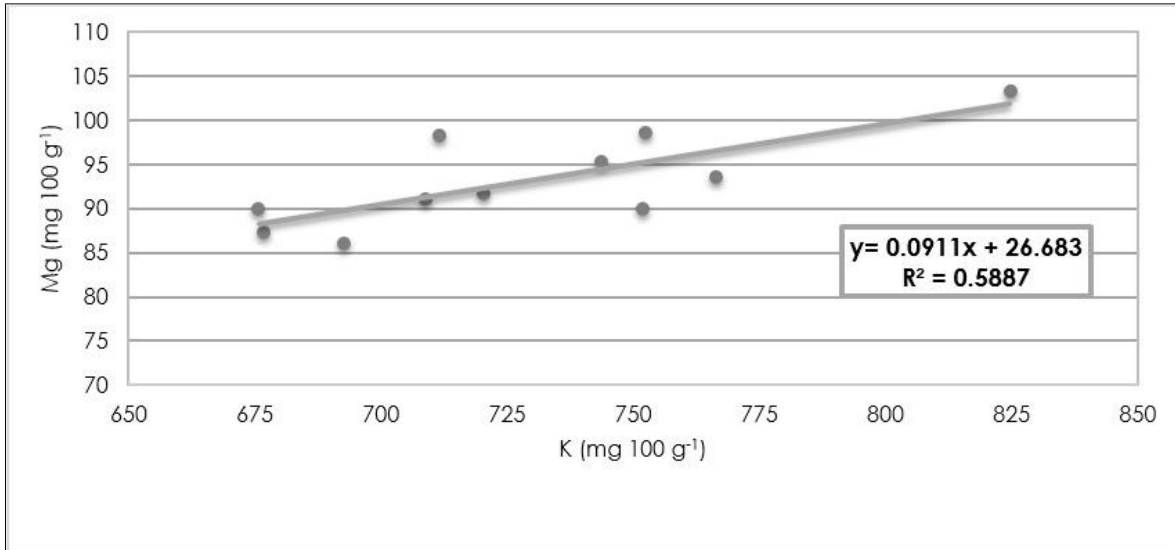


Figura 8. Análisis de regresión lineal entre las variables de contenido de Mg y K.
Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Componentes de calidad

El rango de valores obtenido en el PPF fluctuó entre 2.8 y 3.8 g, lo cual fue similar a lo registrado por Ramírez-Martínez (2022), con frutos de 4.3 g en invernadero con FQ y por Moura, Coutinho, Pio, Bianchini y Curi (2016), quienes mencionan que el peso de frutos varía de 3.4 a 3.7 g. En esta variable la cepa nativa A2 pudo favorecer la solubilización de elementos nutritivos o síntesis de reguladores vegetales y, por ende, se mejoró la absorción de agua y nutrientes; lo que repercute en un mayor peso de frutos, como lo establecen Domingues-Duarte et al. (2020) y Piña-Guillén, García-Meneses, Herrera-López y Flores-Torres (2016). En cuanto al bajo PPF con 100% de FQ, pudo deberse al pH del suelo; ya que en el sitio de muestreo oscila entre 7 y 8.5, valores en los que la absorción de nutrientes puede verse afectada y, como consecuencia, influir en el peso de frutos (Osorio, 2012).

Los valores obtenidos en grados Brix (°Bx) coinciden con los reportados en varios trabajos donde obtuvieron frutos con un rango entre 13 y 15 °Bx (Durán-Ramírez, 2009; Gastelum-Osorio, Sandoval-Villa, Trejo-López y Castro-Brindis (2013). La aplicación de la cepa A1 + 50% FQ indujo mayor absorción de nutrientes por la planta, como el Mg que puede influir en el nivel de azúcares y promover un aumento en los sólidos solubles totales (Martínez, Sarmiento, & Fischer, 2008).

Contenido de minerales en fruto

Para el contenido de N en fruto no hubo diferencias significativas, probablemente porque la planta destinó alguna proporción del N para crecimiento vegetativo y no reproductivo como lo señalan Rodríguez-Mendoza, Miguel Chávez, García-Cué y Benavides-Mendoza (2013). Por otro lado, cabe mencionar que el tamaño de las hojas de este cultivo tuvo un crecimiento aproximadamente 15% mayor a lo que se obtiene en la producción en campo de Colombia (resultados no mostrados), y esto influyó en el contenido de N en fruto, pues *Azospirillum* se reporta como fijador de N (Santos, Nogueira, & Hungria, 2019). Tampoco para el contenido de Ca se observaron diferencias significativas, posiblemente porque es un elemento poco móvil y por esto tiene dificultad para llegar hasta los frutos (White, 2015). Sin embargo, los resultados están dentro del rango de 8 a 28 mg 100 g⁻¹ reportado por Puente, Pinto, Castro y Cortés (2011).

Aunque el género *Azospirillum* no se reporta con capacidad para solubilizar P (Patiño-Torres & Sanclemente, 2014), el tratamiento de la cepa nativa A2 + 50% FQ favoreció la absorción y movilización del mismo al fruto respecto al testigo absoluto; y es un hecho que la respuesta de las plantas es variable en función del microorganismo inoculado (Bonilla-Buitrago et al., 2021), lo que se reflejó en la obtención de valores en el contenido de P que sobrepasan el máximo reportado de 92 mg 100 g⁻¹ en fruto (Erkaya, Dağdemir, & Sengül, 2012).

Se obtuvieron altos contenidos de K en el fruto, los cuales son superiores al rango reportado de 210 a 467 mg 100 g⁻¹ (Puente et al., 2011), destacando el tratamiento con la cepa nativa A1 sin FQ con 825 mg 100 g⁻¹, el cual es superior a los tratamientos con aporte del 100% de FQ. Lo anterior se pudo deber a que al aplicar FQ disminuye la población y supervivencia de bacterias presentes; contrario a lo que ocurre cuando se utilizan fertilizantes orgánicos, que incrementan la densidad de microorganismos (González-Mancilla et al., 2013).

Igualmente se encontraron cantidades de Mg superiores a las reportadas, pues normalmente su contenido en fruto oscila entre 7 y 19 mg 100 g⁻¹ (Erkaya et al., 2012; Puente et al., 2011); este hecho se puede atribuir a la actividad de las rizobacterias, que promueven competencia entre cationes en el suelo; sin embargo, en este trabajo para K y Mg en fruto sucedió lo contrario, pues el análisis de correlación indica que al aumentar el contenido de uno también aumenta el contenido del otro, lo que resalta la importancia de ambos en la calidad del fruto (Grzebisz, 2015).

Estos resultados pueden deberse a que las fitohormonas producidas por *Azospirillum* promovieron un mayor desarrollo radicular, por lo que aumentó la capacidad de absorción de nutrientes, en especial de los tres últimos mencionados anteriormente: P, K y Mg (Fibach-Paldi, Burdman, & Okon, 2012). Por su parte Ipek et al. (2014) y Seymen, Türkmen, Dursun, & Paksoy (2014) obtuvieron resultados similares en hojas de fresa y en frutos de tomate, donde aumentó el contenido de K por actividad de las PGPR. A menudo el uso de microorganismos en la producción agrícola conduce a resultados impredecibles, porque no se conoce con precisión la compleja interacción y modo de acción de todos los factores involucrados (Creus, 2017).

CONCLUSIONES

El uso de rizobacterias es una opción para incrementar la producción y calidad del fruto de goldenberry. La aplicación de la cepa nativa A2 sin FQ aumentó peso del fruto (25.7%), combinada con 50% de FQ aumentó vitamina C (17.6%) y el contenido de P (14.6%) respecto al testigo absoluto, la cepa A1 sin FQ elevó el contenido de K (17.9%) y Mg (15.5%); mientras que combinada con 50% de FQ incrementó grados Brix (11%) respecto al tratamiento con 100% de FQ. Con base en lo anterior se recomienda la aplicación de rizobacterias y la reducción en 50% de la FQ con la finalidad de producir frutos nutritivos de goldenberry (*P. peruviana*) de forma más sostenible. Futuras investigaciones deberían focalizarse en estudios más detallados sobre esta especie y las PGPR, debido a que esta relación es altamente benéfica desde los puntos de vista productivo y ecológico.

Agradecimientos

El autor principal desea agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado a través del Programa de Becas para Estudios de Posgrado.

REFERENCIAS

- Alcántar, G. G., & Sandoval, M. V. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10* (16 pp.). Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Recuperado de https://chapingo.orex.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=78099&shelfbrowse_itemnumber=151988
- Alcarraz-Curi, M., Heredia-Jiménez, V., & Julian-Ibarra, J. P. (2019). Cepas bacterianas nativas con actividades promotoras del crecimiento vegetal aisladas de la rizosfera de *Coffea* spp. en Pichanaqui, Perú. *Bioteología Vegetal*, 19(4), 285–295. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v19n4/2074-8647-bvg-19-04-285.pdf>
- Bonilla-Buitrago, R. R., González de Bashan, L. E., & Pedraza, R. O., Estrada Bonilla, G. A., Pardo Díaz, S., Mazo Molina, D. C.,... Ramírez Gómez, M. M. (2021). *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible* (pp. 368). Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7405019>
- Castañeda-Salinas, C., Sandoval-Villa, M., Sánchez-Monteón, A., Alejo-Santiago, G., Jiménez-Meza, V., Aburto-González, C., & García-López, M. (2013). Respuesta de Plántulas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) a diferentes concentraciones de nitrato y amonio. *Revista Bio Ciencias*, 52(311), 148–153. Recuperado de <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/download/45/43/90>
- Creus, C. M. (2017). Inoculantes microbianos: Piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(3), 207–209. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.001>
- Domingues-Duarte, C. F., Cecato, U., Trento-Biserra, T., Mamedio, D., & Galbeiro, S. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 11(1), 223–240. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>

- Durán-Ramírez, F. (2009). *Manual de la uchuva* (48 pp.). Grupo Latino. Recuperado de https://www.uea.edu.ec/pmb/index.php?lvl=notice_display&id=424
- Erkaya, T., Dağdemir, E., & Sengül, M. (2012). Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. *Food Research International*, 45(1), 331–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.013>
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles*. Autor. <https://doi.org/10.4060/cc0639es>
- Fibach-Paldi, S., Burdman, S., & Okon, Y. (2012). Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiology Letters*, 326(2), 99–108. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2011.02407.x>
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1). <https://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Gastelum-Osorio, D. A., Sandoval-Villa, M., Trejo-López, C., & Castro-Brindis, R. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 197–210. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.002>
- Gómez-Marroquín, M. R., & Núñez-Zarantes, V. M. (2014). *Sistemas de Producción. En Estado del arte de la investigación en uchuva Physalis peruviana L.* (pp. 31–33). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-180-6>
- González-Mancilla, A., Rivera-Cruz, M. del C., Ortiz-García, C. F., Almaraz-Suárez, J. J., Trujillo-Narcía, A., & Cruz-Navarro, G. (2013). Use of organic fertilisers to improve soil chemical and microbiological properties and citric Citrange troyer growth. *Universidad y Ciencia: Fertilizantes Orgánicos En Suelo*, 28(2), 123–139. Recuperado de www.universidadyciencia.ujat.mx
- Grzebisz, W. (2015). Chapter 6. Magnesium. En *Handbook of Plant Nutrition* (2nd ed., pp. 199–260). Taylor & Francis Group.
- Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M., & Sahin, F. (2014). Plant growth-promoting Rhizobacteria (PGPR) increase yield, growth and nutrition of strawberry under high-calcareous soil conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 990–1001. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881857>
- Jiménez-Gómez, A., Celador-Lera, L., Fradejas-Bayón, M., & Rivas, R. (2017). Plant probiotic bacteria enhance the quality of fruit and horticultural crops. *AIMS Microbiology*, 3(3), 483–501. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.483>
- Koul, V., Tripathi, C., Adholeya, A., & Kochar, M. (2015). Nitric oxide metabolism and indole acetic acid biosynthesis cross-talk in *Azospirillum brasilense* SM. *Research in Microbiology*, 166(3), 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2015.02.003>
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., & Fischer, G. (2008). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) *Agronomía Colombiana*, 26(3), 389–398.
- Miranda, D., Ulrichs, C., & Fischer, G. (2012). Efecto del cloruro de sodio (NaCl) sobre el crecimiento y la colonización micorrízica en uchuva (*Physalis peruviana* L.). En L. J. Martínez Martínez (Ed.), *Avances de la Investigación Agronómica II* (pp. 15–26). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Moreno-Reséndez, A., García-Mendoza, V., Reyes-Carrillo, J. L., Vásquez-Arroyo, J., & Cano-Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: Una alternativa

de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 6883. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>

- Moura, P. H. A., Coutinho, G., Pio, R., Bianchini, F. G., & Curi, P. N. (2016). Cobertura plástica, densidade de plantio E poda na produção de fisális (*Physalis peruviana* L.) em região subtropical. *Revista Caatinga*, 29(2), 367–374. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n213rc>
- Osorio, N. W. (2012). pH del Suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 4–7. Recuperado de http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1_4_pH_del_suelo_y_nutrientes_0.pdf
- Patiño-Torres, C., & Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de Fósforo (MSF): Una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), 288–297. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v10n2/v10n2a18.pdf>
- Piña-Guillén, J., García-Meneses, V., Herrera-López, H., & Flores-Torres, J. A. (2016). Valoración de cepas silvestres de *Azospirillum* sp. y *Gluconacetobacter* sp. como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1613–1623. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.154>
- Puente, L., Pinto, M. C., Castro, E., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* L., the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44, 1733–1740.
- Ramírez-Martínez, F. (2022). *Evaluación de la respuesta de uchuva (Physalis peruvianum L.) bajo Invernadero bajo la aplicación de cuatro láminas de riego. Tesis como requisito parcial para obtener el grado de: Maestro en Ciencias Hidrociencias [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]*. Colpos Digital. Recuperado de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4899>
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Miguel-Chávez, R. S., García-Cué, J. L., & Benavides-Mendoza, A. (2013). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). *Interciencia*, 38(12), 857–862.
- Rueda, D., Valencia, G., Soria, N., Rueda, B. B., Manjunatha, B., Kundapur, R. R., & Selvanayagam, M. (2016). Effect of *Azospirillum* spp. and *Azotobacter* spp. on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(1), 048–054. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.600108>
- Santos, M. S., Nogueira, M. A., & Hungria, M. (2019). Microbial inoculants: Reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., & Paksoy, M. (2014). Effects of Bacteria Inoculation on Yield, Yield Components and Mineral Contents of Tomato. *Selcuk Journal of Agriculture and Foos Sciences*, 28(2), 52–57.
- Vizcaíno-Ríos, E. (2021). *Prebiótico, Bacillus subtilis y fosfito de potasio para el control de antracnosis y calidad postcosecha del aguacate 'Méndez'. Tesis como requisito parcial para obtener el grado de: Maestra en Ciencias Recursos Genéticos y Productividad. Fruticultura [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]*. Colpos Digital. Recuperado de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4704>
- White, P. J. (2015). Chapter 5. Calcium. En *Handbook of Plant Nutrition* (2nd. ed., pp. 165–198). Taylor & Francis Group.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licencianta no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licencianta.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.