

BACTERIAS CON POTENCIAL BIOCONTROLADOR DE PATÓGENOS PARA PLANTACIONES DE BANANO *MUSA* SPP

BACTERIA WITH POTENTIAL BIOCONTROLLER OF PATHOGENS FOR *MUSA* SPP BANANA PLANTATIONS

Daniela E. Morocho Ponce^a (0009-0008-3195-6634)
Stefania Cevallos Solorzano^b (0000-0001-5638-5112)

^aCarrera de Bioquímica y Farmacia, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano s/n, 1101608 Loja, Ecuador.

^bFacultad de Ciencias Exactas, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano s/n, 1101608 Loja, Ecuador.

*scevallos@utpl.edu.ec

Recibido: 26 de junio de 2022;

Aceptado: 09 de noviembre de 2022;

RESUMEN

El banano (*Musa* spp.) es una de las frutas más consumidas a nivel mundial siendo sustancial en la dieta diaria del humano. En Ecuador, el rendimiento del banano es el principal ingreso del país. Durante años, los cultivos de banano han enfrentado múltiples plagas. Los fitopatógenos perjudiciales del banano son *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *Mycosphaerella fijiensis* y *Fusarium* spp. que disminuyen la producción y calidad nutritiva del fruto. Los agricultores, para enfrentar patógenos, normalmente usan agroquímicos provocando resistencia a plagas. Adicionalmente los químicos utilizados tienen un impacto en la salud del humano pues ocasiona contaminación en el medio ambiente. Analizando los problemas que conlleva el uso de sustancias químicas, se ha considerado que las industrias bananeras se direccionen a la agroecología disminuyendo los insumos sintéticos. Por ello, en empresas bananeras, es urgente buscar alternativas sustentables para el manejo de plagas. El propósito de esta revisión es analizar y cerciorar información sobre rizobacterias de banano con aplicaciones biotecnológicas para combatir fitopatógenos. Además, se presentan técnicas de caracterización, aislamientos, ensayos de antagonismo, crecimiento para comprender su rol en las plantaciones de banano. Para el desarrollo de esta revisión se hizo una búsqueda bibliográfica en 8 bases de datos. En total, se analizaron 135 documentos (artículos de investigación, artículos de revisión y estudios originales).

Palabras clave: banano, bacterias rizosféricas, biotecnología, agricultura sostenible.

ABSTRACT

Banana (*Musa* spp.) is one of the world's most consumed fruit and part of our daily diet. In Ecuador, it is of great importance because it is the main exportation product. For several years, banana plantations have suffered attacks of many pests, like *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *Mycosphaerella fijiensis* and *Fusarium* spp., all of which cause reduction of production and nutritious value of the fruit. The farmers use pesticides to get rid of plagues, as well as fertilizers, but in the long run the pests get resistant to such chemicals; these pesticides also affect human health due to pollution of air, water, and soil. To avoid and reduce the use of chemical pesticides and such, farmers and industries have focused on agroecological measurements. Considering these efforts, countries producing banana should search for more sustainable solutions for pest control. The objective of this bibliographic review is to find information on bacteria associated to banana's root system with biotechnological applications to control phytopathogens. A bibliographic search was performed in 8 databases. In total, 135 documents (Review article, investigative article, original studies) were analyzed.

Keywords: banana, rhizospheric bacteria, biotechnology, sustainable agriculture.

INTRODUCCION

El banano (*Musa paradisiaca*) es una planta monocotiledónea, originaria del suroeste de Asia (Gonzabay, 2017). Los cultivares genéticos de estas especies se obtienen de las variedades silvestres de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Mejía y Escamilla, 2018). Los bananos son alimentos con alto valor nutricional para la dieta humana, especialmente para los niños en desarrollo (Ministerio de Salud Pública y Ministerio de Educación, 2017). La banana es una fruta rica en carbohidratos (23%), proteínas (1%) y lípidos (0,5%), pero también es fuente de vitaminas como riboflavina (vitamina B2), piridoxina (vitamina B6), ácido fólico (vitamina B9) y vitamina C. Además, contiene potasio, magnesio, manganeso y hierro (Polanco, 2017).

El banano se ha convertido en una de las frutas tropicales más consumidas, por lo que su cultivo se extiende a países de América, África y Asia (Ruiz, 2019). En particular, en el Ecuador a principios del siglo XX, la producción bananera generó un excedente de consumo interno y comenzó a exportar. Este período inició en 1949, el cual estuvo asociado con el gobierno del presidente Galo Plaza Lasso, quien impulsó activamente la expansión de los cultivos de banano y el desarrollo de un nuevo proyecto exportador de bananos (Gonzabay, 2017). Actualmente, la industria bananera ecuatoriana, es considerada como la base del crecimiento económico nacional, puesto que genera grandes ingresos y ofrece oportunidades de empleo (Sanchez et al., 2020).

Para el comercio exterior, la industria bananera ecuatoriana, es uno de los mercados tradicionales más grandes (Sanchez et al., 2020). Se ha reportado que las exportaciones representan el 2% del PIB (Producto Interno Bruto) general del Ecuador y 35% del PIB agrícola (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017). Según la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), las exportaciones mundiales de banano alcanzaron los 21,5 millones de toneladas en 2020, de las cuales Ecuador exportó el 5,6% (7 millones de toneladas), lo que lo convierte en el mayor exportador de banano en el mundo (FAO, 2021a).

De acuerdo con la situación actual en el Ecuador, existe la producción de banano suficiente para abastecer la demanda nacional y general exportaciones a mercados internacionales. Sin embargo, las plantaciones de banano al ser monocultivos y estar localizados en zonas tropicales, son susceptibles de presentar plagas (FAO, 2021c). Así mismo, el agotamiento de los nutrientes en el suelo por la degradación, erosión, la contaminación (FAO, 2021b) y el uso irracional de agroquímicos (Arias et al., 2004), también limitan el crecimiento y rendimiento óptimo del cultivo de banano (Haifa, 2009).

Varios microorganismos como *Fusarium* spp. y *Mycosphaerella fijiensis*, que afectan a los cultivos de banano, han provocado pérdidas en plantaciones bananeras en países de América, Asia, Europa y África, representando una amenaza para el rendimiento de producción (INFOCOMM, 2016). El método más común utilizado para proteger el cultivo y controlar las plagas y enfermedades son los agroquímicos o plaguicidas, debido a que sus efectos curativos son más rápidos que cualquier otra forma de supresión, son eficientes contra múltiples plagas y son fáciles de manipular. Además, reducen el consumo de energía y horas de trabajo en el campo (Badii et al., 2007; Castillo et al., 2020; Cisneros, 1995). Sin embargo, los agricultores usan continuamente pesticidas y fertilizantes sintéticos por lo que su uso irracional e indiscriminado de estos trae consigo contaminación en la atmósfera, terrenos agrícolas y agua, afectando a la salud de las poblaciones rurales. En el suelo de los cultivos afecta a los microorganismos y sus actividades, alterando así los procesos biológicos que son críticos para la fertilidad y productividad. Asimismo, su uso prolongado conlleva a una resistencia de las plagas a los agroquímicos y a brotes violentos de principales epidemias (Badii et al., 2007; Castillo et al., 2020; Chaves-Bedoya et al., 2013; Garzón y Mantilla, 2021).

Otro posible método en el control de plagas es el uso de microorganismos que permiten generar un manejo de plagas más sostenible para cultivos importantes como el banano, dado que permite llevar a cabo un plan de manejo de bajo impacto y establecer estrategias respetando la cadena nutricional (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013). Principalmente, las bacterias han sido estudiadas durante las últimas décadas, porque se consideran como fuente de más de 20 000 compuestos bioactivos que inciden directamente en el rendimiento y supervivencia de las plantas hospedadoras (J. Hidalgo, 2017; Tangarife, 2021; Tanya y Laiva-Mora, 2019; Viera-Arroyo et al., 2020). Se sabe que las rizobacterias son capaces de cumplir funciones como promotores del crecimiento vegetal, control biológico de una variedad de patógenos vegetales e incrementan la eficiencia del proceso de fitorremediación de compuestos tóxicos en la rizosfera (González et al., 2018; Huasasquiche et al., 2020; Pérez-Pérez et al., 2021; Pérez y Chamorro, 2013; Reyes, 2019; Velázquez-Becerra et al., 2011).

Por consiguiente, en esta revisión se analiza información clave sobre bacterias endófitas asociadas a raíces del banano que potencialmente sirvan en aplicaciones biotecnológicas para hacer frente a plagas, también se evalúa las diferentes técnicas usadas para caracterizar y comprender el rol que pueden tener en la vida de las plantas de banano como aislamientos, ensayos de antagonismo, ensayos de crecimiento, entre otros. El presente trabajo puede servir de línea base en el diseño de estudios de bioprospección de las bacterias asociadas al banano, como alternativa para un manejo ecológicamente sostenible. En el caso de ser aplicados, el manejo del banano podría asegurar la fertilidad de los suelos, generar cultivos de calidad y disminuir la contaminación ambiental para no comprometer la salud de las comunidades aledañas ni de los consumidores.

METODOLOGÍA

La presente revisión bibliográfica se efectuó con el uso de las bases de datos como Scopus, Dialnet, ScienceDirect, Springer y ProQuest. Adicionalmente se empleó el buscador Google Académico y bases de datos de acceso abierto como ResearchGate, SciELO y Redalyc.

Para la búsqueda de la información se utilizaron palabras clave como: cultivo de banano en el Ecuador, patógenos en los cultivos de banano, bacterias biocontroladoras de patógenos en banano, PGPR (por sus siglas en inglés, plant growth promoting rhizobacteria) y *Fusarium*.

En la búsqueda, se examinaron 135 documentos, de los cuales 34 fueron descartados por no estar relacionados con el propósito de esta revisión. Se analizaron en total 21 artículos de revisión, 23 artículos de investigación y 57 estudios originales (páginas gubernamentales, páginas web, trabajos de titulación).

ASPECTOS GENERALES DEL BANANO

Origen del banano

El banano o *Musa paradisiaca*, es una planta herbácea monocotiledónea, originaria del suroeste de Asia específicamente de las regiones de India, Malasia, Indonesia y Papua Nueva Guinea (Gonzabay, 2017). La variedad *Musa paradisiaca* se obtiene a partir de las variedades silvestres de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticos propios (Mejía y Escamilla, 2018).

Beneficio nutricional del banano

El banano es una de las frutas más consumidas en el Ecuador y en el mundo, no sólo por su sabor, sino también por su valor nutricional. Esta fruta se caracteriza por aportar hasta el 23% de potasio, de su contenido total. Beneficiando a los músculos y disminuyendo la exposición a enfermedades cerebrovasculares y presión arterial. Así mismo, son ricos en vitaminas A, B6, C y D, generando efectos beneficiosos a los huesos (Blasco y Gómez, 2014).

En su composición nutricional, 100g de porción comestible de banano contiene: carbohidratos (20%), fibra (3,4%), proteínas (1,2 %), grasas sin colesterol (0,3%). Además de ácido fólico, magnesio, manganeso, trazas de cobre y otros minerales. (Valero et al., 2018)

Por el aporte nutricional que brindan los bananos, son considerados un alimento ideal para las familias, sobre todo para los niños en desarrollo, dado que la elección adecuada de alimentos es fundamental en esta etapa, ya que los infantes necesitan de energía para mantenerse sanos y contar con un crecimiento normal (Ministerio de Salud Pública y Ministerio de Educación, 2017). También mejora la microflora intestinal de los niños desnutridos (BBC News, 2019).

Importancia económica del banano en el Ecuador

El banano se ha convertido en una de las frutas tropicales más consumidas en la sociedad, debido a la variedad y adaptabilidad en las preparaciones de la dieta humana, consecuentemente su cultivo se ha extendido a muchos lugares del mundo, como América y África (Ruiz, 2019).

En el Ecuador, la industria bananera es considerada como la base del desarrollo económico, es así que en el mercado interno es la principal fuente de empleo para las familias de la costa ecuatoriana, generando grandes ingresos y ofrece mayor oportunidad de trabajo que otros sectores no productores de petróleo del país. Mientras que, en el mercado exterior es uno de los exportadores tradicionales más primordiales (Sanchez et al., 2020), lo que se traduce a un 2% del PIB (Producto Interno Bruto) general del Ecuador y 35% del PIB agrícola (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017). De acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividad Económica (CIIU), el banano está asociado con dos actividades económicas importantes: la agricultura y el comercio mayorista/minorista en el Ecuador (Sanchez et al., 2020).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las exportaciones mundiales de banano alcanzaron los 21,5 millones de toneladas en 2020, de las cuales Ecuador exportó 5,6% (7 millones de toneladas), convirtiéndose así en el mayor exportador de banano en el mundo (FAO, 2021a). Sin embargo, conforme a los datos del Servicio de Impuestos Internos (SRI), el total de ingresos por ventas nacionales de las actividades de siembra de banano y plátano en 2019 fue de 28,4 millones de dólares estadounidenses, dando un decrecimiento del 19,6% con respecto al 2018. Así pues, en el periodo 2011 y 2019, se registró una disminución en el promedio anual del 7,9% (Sanchez et al., 2020).

Rizosfera

La rizosfera es la parte del suelo cercana a las raíces del vegetal, extendiéndose específicamente de 1 a 3 mm desde la superficie de la raíz hasta el interior del terreno. En esta zona, las raíces interactúan con el suelo y sus microorganismos (Márquez, 2021).

El rizoma proporciona un microambiente complejo y dinámico, donde las bacterias y hongos asociados con las raíces de las plantas, establecen agrupaciones únicas dependientes de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Estas comunidades poseen una capacidad sustancial para la estimulación de las plantas, el control biológico de fitopatógenos y la desintoxicación de compuestos orgánicos nocivos que contaminan los suelos (Martín y Rivilla, 2014).

En la rizosfera del banano, el sistema radicular es el nexo de unión entre la planta y el suelo, proporcionando anclaje y asegurando la absorción de nutrientes y agua. Del mismo modo que almacena productos para proporcionar una nutrición apropiada y formar un entorno propicio para los diversos micro y macroorganismos favorables presentes en la rizosfera (Saavedra, 2017; Turner y Rosales, 2003).

El cultivo de banano necesita de nutrimentos minerales que las plantas absorben del suelo. Estos nutrientes se subdividen en tres grupos: primarios, secundarios y terciarios. Los principales, que son esenciales para los cultivos y se demanda de grandes proporciones: fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K). Los secundarios que se requiere de pequeñas cantidades son azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Por último, están los terciarios, que las plantas precisan de cantidades muy bajas como boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), hierro (Fe), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), sodio (Na) y zinc (Zn) (López y Espinosa, 1995; Turner y Rosales, 2003).

La raíz del banano

En el banano, la raíz se distribuye superficialmente en capas de 30-40 cm, donde la mayoría se concentra entre los 15 a 20 cm. Cuando emergen, su textura es suave de color blanco, más adelante son amarillentos y duros, alcanzando un crecimiento lateral de 3 m y una profundidad de 1,5 m. La penetración de las raíces es débil, de manera que la distribución de la raíz, está relacionada con la textura y estructura del terreno (Mejía y Escamilla, 2018).

Las raíces del banano son responsables de obtener los nutrientes y el agua necesarios para el crecimiento de las plantas; estos normalmente producen muchos retoños que pueden llegar a combatir por los nutrientes con el tallo principal. Esta competencia puede debilitar al vegetal, causar enfermedades y dificultar la producción de los frutos (Agro Árbol, 2021).

Al ser las bananas ricas en nutrientes, su cultivo debe contar con suelo abundante y suficiente agua para lograr un crecimiento óptimo, puesto que son muy sensibles a la sequía. Cuando el agua disponible no es apta, la floración de las inflorescencias se dificulta, dando lugar a racimos retorcidos y estrenudos cortos en el raquis, lo que impide el desarrollo erguido del fruto. Igualmente la aridez puede causar obstrucción foliar, generando problemas con el crecimiento de las hojas (InfoAgro, 2009).

PROBLEMAS EN LAS PLANTACIONES DE BANANO

Factores ambientales

La temperatura es un elemento fundamental para el crecimiento del banano, y el rango óptimo para su desarrollo es de 20° a 30°C. El estrés termo fisiológico al que están expuestos, comienza a temperaturas inferiores a 15°C provocando que el crecimiento se detenga o que los ciclos vegetativos se alarguen (Intagri, 2018). De igual manera a temperaturas mayores a 38 °C, el desarrollo de la planta se detendrá (Távora, 2020).

Igualmente, el viento tiene un efecto negativo sobre la producción del banano, pues su intensidad puede volcar los plantíos, causando problemas de anclaje, pérdida de plantas, absorción de nutrientes, reduciendo la productividad y afectando el desarrollo y crecimiento del retoño/hijo; dado que la planta madre es la fuente de nutrimentos para el retoño elegido (Vargas et al., 2017). El daño físico ocasionado en las hojas por la rasgadura de esta, reduce la fotosíntesis requerida para el transporte de nutrientes y consecuentemente el peso del racimo se ve afectado negativamente (Távora, 2020).

Para la raíz del banano, la condición del suelo es fundamental porque está directamente relacionado con la absorción de nutrientes. La textura y estructura del suelo tiene que proporcionar una buena aireación para mantener un pH óptimo entre 4,5 – 8. Debe ser rico en calcio, boro, fósforo, magnesio, potasio y zinc para un buen desarrollo del cultivo (Vargas et al., 2017). Igualmente, al terreno le es necesario poseer suficiente humedad para producir buenos rendimientos, pues en condiciones de sequía o exceso de agua con el tiempo puede conducir a una absorción reducida de nutrientes, ya que las plantas no absorben nutrimentos como el potasio y el nitrógeno en condiciones de sequía (Martínez, 1997). También, el tipo de raíces fibrosas en el exterior del banano, son afectadas por las lluvias excesivas, porque matan fácilmente a los bulbos, ocasionando un daño general a la planta (Intagri, 2018).

Contaminación en el suelo

Uno de los componentes imprescindibles en el cultivo de banano es el suelo. Este sustrato donde se desarrollan los bananos debe ser denso, poroso y capaz de mantener el agua libre de elementos tóxicos como los plaguicidas, fertilizantes y estiércol que impacten a la plantación (Ordoñez, 2016).

Los suelos agrícolas contienen naturalmente cantidades variables de metales pesados como el arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb); sin embargo, su valor se incrementa por el resultado de la actividad agraria. Este aumento se debe al uso intenso de productos sintéticos, sean fertilizantes y pesticidas utilizados en las plantaciones. Los agroquímicos en su composición cuentan con trazas de metales pesados y el contacto directo de éstos con el medio ambiente o el consumo de fruta contaminada que se produce a través del desarrollo del vegetal en el suelo pueden poner en peligro la salud de las personas. Debido a las propiedades electroquímicas que logran tener algunos metales no esenciales, estos consiguen comportarse como nutrientes principales, lo que les permiten ser absorbidos por las raíces y acumularse en diversos órganos. Así también, la aplicación de productos químicos agrícolas reduce la eficacia bioquímica del terreno ya que afecta la acción de los microorganismos benéficos del suelo, los cuales son fundamentales para mantener la fertilidad (Naranjo-Morán et al., 2021; Quinde, 2018; Zhiminaicela et al., 2020).

El uso generalizado de productos químicos agrícolas estimula la aparición de plagas resistentes a plaguicidas, adicionalmente, la eliminación inadecuada de desechos agrarios como los contenedores plásticos que almacenan pesticidas, generan contaminación no solo del terreno sino también del aire y agua. Por lo tanto, la inapropiada práctica de producción a menudo resulta en la degradación de nutrientes en el suelo, disminuyendo la diversidad biológica (Arias et al., 2004).

Plagas que afectan al banano

Las enfermedades provocadas por plagas (insectos o microorganismos) son un problema adicional que deben enfrentar los agricultores y/o empresas bananeras. Los ataques de las plagas no solo conducen a una disminución de la producción, sino que también afectan la calidad nutritiva del fruto (Díaz, 2020).

Un factor biológico limitante, que altera el crecimiento y desarrollo de los cultivos por daños en el rizoma y cormos, son los nematodos; los más dañinos son *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*. *Radopholus similis* ocasiona al cultivo de banano lesiones de color negro-rojizas, tornándose luego en violeta oscuro o púrpura en la parte externa de la raíz, provocando la ruina y pérdida del rizoma. Como el transporte de agua y nutrientes se ve afligido, esto repercute en el anclaje de la planta al sustrato y es posible la declinación de esta (Mira et al., 2009). De igual manera, *Pratylenchus coffeae*, al invadir las plantas de banano, provocan necrosis de tonalidad negro-violáceo en la epidermis y tejidos de la raíz cortical, a menudo acompañados de pudrición secundaria y rotura del rizoma (Guzmán y Castaño, 2009). Cuando los bananos son afectados, muestran síntomas en forma de nudos, agallas, ramificación extensa y puntas dañadas en las raíces, perjudicando así la nutrición (Marcano, 2014).

Una de las afecciones, con incidencia a nivel mundial en plantaciones de banano es la Sigatoka negra, que es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. La Sigatoka negra se considera una plaga agresiva, que afecta a diferentes especies dentro de la familia *Musaceae*, ya que tiene un período de incubación corto y se propaga fácilmente por el viento (Orozco-Santos et al., 2013). Además, factores ambientales como la alta humedad y lluvia de las zonas tropicales favorecen la proliferación de este fitopatógeno (Marcano, 2014). Cuando *M. fijiensis* invade al cultivo de banano, los síntomas se evidencian principalmente en el área foliar de la planta, afectando la floración y disminuyendo las cosechas. También impacta el desarrollo fisiológico de las plantas promoviendo la maduración temprana del fruto, ocasionando una reducción de los racimos y la vida verde de la fruta, lo que se traduce en exportaciones problemáticas (Hidalgo et al., 2006).

Otro factor primordial de estrés biótico que afecta a las plantas de banano es el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (FOC) y el marchitamiento por *Fusarium*, causado por este hongo, es la enfermedad más destructiva y extendida en las regiones productoras de banano de todo el mundo, pues provoca la marchitez y muerte de la planta. El fitopatógeno reside en el suelo y desarrolla estructuras resistentes que le permiten sobrevivir más de 30 años, lo que dificulta su manejo. La invasión de *Fusarium* a la planta es a través de las raíces secundarias, posteriormente penetra y necrosa el rizoma y los tejidos del pseudotallo, lo que provoca la marchitez y caída de la planta. Externamente, el primer signo visible de la afección es el marchitamiento, con apariencia amarillenta en las hojas primitivas, plegándose en el punto donde se unen el peciolo y el pseudotallo. Internamente, los primeros síntomas aparecen en la raíz y en los rizomas de los límites del cilindro central y en la corteza, con estrías necróticas de color marrón-rojizo y oscuro (Rocha et al., 2021; Román, 2012; Vézina y Rouard, 2021).

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense*, es la enfermedad más destructiva de la familia *Musaceae* y es considerada una de las diez enfermedades de gran importancia en la historia agrícola (Dita et al., 2013). Por su nivel de amenaza se describe información más detallada a continuación.

Plaga de *Fusarium*

Conocidos como hongos de campo, son los causantes de varias afecciones en los sembríos por los metabolitos tóxicos que se producen (eniatinas y ácido fusárico) y pueden ser peligrosos para la salud humana y animal. De esta manera, junto con otros patógenos vegetales de importancia agrícola, ocasionan enfermedades por tizones, marchitez, descomposición en cultivo ornamental y forestal. Los hongos utilizan diferentes estrategias de infección, cuya especificidad depende de la especie de *Fusarium* (Villa-Martínez et al., 2015).

Existen 4 razas fisiológicas (raza 1, raza 2, raza 3 y raza 4,) en función de su virulencia frente a cultivares hospedantes. *Fusarium* raza 1 afecta a los cultivos de Gros Michel y Manzano, raza que provocó epidemia en plantaciones de Gros Michel en la década de los años sesenta en Centro y Sudamérica. La raza 2 perjudica a los bananos Bluggoe (conocido como guineo cuadrado), la raza 3 es patógena para *Heliconia* sp., y la *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 (FOC R4T) es la más agresiva para los plantares de Cavendish (variedad de banano mayormente consumida), debido a que sobrevive en el suelo por más de veinte años (Martínez-Solórzano et al., 2019). *Fusarium* R4T es capaz de causar una enfermedad conocida como marchitamiento del banano, Fusariosis del banano o comúnmente distinguido como Mal de Panamá en los clones de Cavendish y a plántíos susceptibles a las razas 1 y 2 (García-Bastidas et al., 2020; Groenewald et al., 2006; López-Zapata y Castaño-Zapata, 2019; Salas, 2015).

Uno de los aspectos que facilita la propagación de esta plaga es que no solo se transmite de planta en planta, sino que también se traslada entre países a través de formas difíciles de controlar, como la tierra contaminada que se adhiere al calzado y puede permanecer en él y en residuos vegetales (ESPOL, 2021).

Debido al riesgo de formación en las áreas que se encuentran libre de este fitopatógeno, el *Fusarium* R4T ha sido categorizado como Plaga Cuarentenaria (epidemia de importancia económica para el área amenazada, incluso si la plaga está ausente o su invasión al territorio nacional sea reciente y limitada, es llevada bajo control oficial para evitar la propagación a nuevas áreas) por los países miembros de la Comunidad Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú), la European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), Caribbean Plant Protection Commission (CPPC), Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) y el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) (FAO y IPPC, 2020; García-Bastidas et al., 2020; SADER y SENASICA, 2017).

De acuerdo con la FAO (2016), *Fusarium* R4T Tropical ha provocado una gran pérdida en la producción de banano en el Sudeste Asiático, afectando nocivamente la permanencia de los pequeños productores de banano. Así mismo, su extensión a África y Medio Oriente, ha generado preocupación por una posible expansión al subcontinente Indio y América Latina que puede tener graves consecuencias para las industrias bananeras, trabajadores y la comunidad de la cadena de valor de *Musaceae* (FAO, 2016).

En 2019, se activó la alarma en toda Sudamérica cuando se confirmó la llegada de *Fusarium* R4T a la República de Colombia, con riesgo de extenderse a países vecinos. En 2020, el experto Freddy Magdama, publicó los resultados de su investigación con lineamientos para que el personal técnico de la industria bananera ecuatoriana puedan reconocer rápidamente a *Fusarium* R4T y sus respectivos síntomas, en caso de que esta patología se presente (ESPOL, 2021).

Así pues, en abril del 2021 ha sido confirmada la presencia de *Fusarium* R4T, en 17 000 hectáreas de banano ubicados en Sullana - Piura, principal productora de Perú. La presencia de *Fusarium* R4T en Perú ha puesto en alerta a Ecuador, que a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad), ha excluido la presencia del *Fusarium* R4T, sin embargo se ha puesto en marcha una campaña para evitar el ingreso del patógeno al país (El Universo, 2021). No obstante, en agosto del 2021, el COE Nacional ha puesto a esta plaga al mismo nivel que el COVID-19, dado que se trata de un tema crucial que compromete a uno de los principales productos de exportación del país (El Comercio, 2021).

RIZOBACTERIAS

Las bacterias rizosféricas son un gran conjunto de bacterias que viven en la raíz de los cultivos, y las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) o *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (por sus siglas en inglés PGPR), forman parte de este diverso grupo. Las rizobacterias pueden fomentar el desarrollo de las plantas a través de varios mecanismos de acción (Delaporte, 2018), ya que aseguran la sostenibilidad, ayudan con la salud y calidad en el manejo de los cultivos, disminuyen los daños ocasionados por la erosión hídrica y eólica, preservan la estructura del suelo al producir micelio y aglutinantes, pero además aumentan la resistencia al estrés biológico o abiótico (Tuz, 2018).

Las rizobacterias colonizan la rizosfera del vegetal o el entorno más cercano por varios mecanismos de acción, compitiendo frente a los microorganismos nativos de la raíz. Esta colonización se divide en tres grandes grupos; las que pueden invadir los tejidos vegetales produciendo nódulos, las que se ubican en la estructura interna del vegetal y las que se sitúan cerca del sistema radicular de la planta (Córdova-Bautista et al., 2009).

La colonización de las rizobacterias es factible porque la propia rizosfera provee una amplia cantidad de nutrientes a través del exudado radical de las plantas, por lo que es un ambiente muy rico que satisface la mayoría de las necesidades para el desarrollo bacteriano. Si bien por ello, este entorno también promueve fácilmente la llegada de otras bacterias o grupos microbianos que no tengan efecto benéfico sobre el vegetal, se puede generar una competencia que dificulta el crecimiento de las PGPR. Así pues, para que las bacterias rizosféricas crezcan en la rizosfera, estas deben tener varios mecanismos de acción que promuevan la competitividad; como la quimiotaxis o la producción de compuestos que poseen actividad antibiótica contra otros colonizadores del rizoma (Peñín, 2017).

El rendimiento que ejerce las PGPR hacia las plantas, es a través de mecanismos de acción directos y/o indirectos. El directo sucede cuando las bacterias sintetizan metabolitos que favorecen al crecimiento vegetal, o bien al aumentar la disponibilidad de diferentes nutrientes requeridos para su metabolismo y mejorar sus procesos nutricionales (Moreno et al., 2018). Mientras que los mecanismos indirectos contribuyen a la planta con la estimulación a la resistencia sistémica a plagas, al control biológico de ciertas afecciones y a la producción de antibióticos y sideróforos (Camelo et al., 2011).

“Entre los mecanismos directos destacan: la fijación de nitrógeno, la síntesis de fitohormonas, vitaminas y enzimas. La solubilización de fósforo inorgánico y la mineralización de fosfato orgánico. La oxidación de sulfuros, el incremento en la permeabilidad de la raíz, la producción de nitritos, la acumulación de nitratos. La reducción de la toxicidad por metales pesados, de etileno de los suelos y de la actividad de la enzima ACC desaminasa. Por último la secreción de sideróforos” (Moreno et al., 2018).

El mecanismo indirecto, por otro lado, se caracteriza por el hecho de que el PGPR induce la reducción o eliminación de fitopatógenos por la elaboración de agentes antibacterianos o por antibióticos de enzimas líticas o una combinación de estos. Por competencia de nutrientes o en el entorno ecológico y la defensa natural de las plantas mediante mecanismos de control biológico. La inducción de resistencia sistémica de organismos patógenos y la fabricación de sideróforos como mecanismo para aislar el hierro disponible en el suelo, limitan el crecimiento y existencia de patógenos vegetales. Además, la elaboración de antibióticos y cianuro de hidrógeno que afectan a los fitopatógenos. El ácido fumárico y otras moléculas producidas, son hidrolizados para liberar 1-3-glucanasa, inhibiendo así el desarrollo de paredes fúngicas de hongos como *Phythium ultimum* y *Rhizoctonia solani* (Moreno et al., 2018).

Importancia en la colonización de raíces

La etapa inicial y fundamental en la interacción de las rizobacterias con el vegetal es la colonización del sistema radicular, siendo un paso limitante e indispensable para que se efectuó un biocontrol eficaz (Martín y Rivilla, 2014); y para que esto se lleve a cabo, los microorganismos deben tener la capacidad de sobrevivir después de la inoculación, crecer en el círculo de la espermosfera (área alrededor de la semilla) cuando la semilla produce exudado, adherirse en la superficie de la primera raíz y colonizar todo el sistema radical (Moreno et al., 2018).

La invasión de semillas es el primer paso del proceso en sí. Los microorganismos que colonizan las semillas durante la germinación pueden proliferar y colonizar completamente las raíces, de la misma manera, la colonización a lo largo de la fase de remojo tiene un impacto significativo en el crecimiento de las plantas (Moreno et al., 2018).

La rizosfera proporciona un microambiente complejo y dinámico en el que las bacterias del rizoma se combinan con las raíces de las plantas para formar una asociación única que depende de las propiedades físicas y químicas del suelo. Estas agrupaciones tienen un potencial significativo para la estimulación del vegetal, como el control biológico de patógenos vegetales y la desintoxicación de compuestos orgánicos dañinos que contaminan el terreno (Martín y Rivilla, 2014).

La capacidad de colonización es un factor decisivo para el control de enfermedades fúngicas porque las plantas hospedadoras están íntimamente relacionadas con las biopelículas. Las biopelículas se producen cuando los microorganismos se acumulan formando colonias que pueden ser favorables para aumentar el rendimiento de los cultivos, ya que aumenta la fijación de nitrógeno, la producción de micro y macro nutrientes y la biofertilización. Por lo tanto, una colonización fuerte conduce a la formación de suficientes biopelículas (Moreno et al., 2018; Vega et al., 2015).

PERSPECTIVAS BIOTECNOLÓGICAS PARA EL BIOCONTROL DE PATÓGENOS

Durante las últimas décadas, se ha hecho esfuerzos para comprender la dinámica entre las plantaciones de banano y las bacterias, principalmente porque esta interacción puede presentar implicaciones positivas frente a infecciones por patógenos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Siamak y Zheng, 2018), *Mycosphaerella fijiensis* (Velez, 2021) o *Radopholus similis* (Guzmán-Piedrahita, 2011). Las investigaciones han incluido ensayos para evaluar compuestos biológicamente activos que puedan tener un papel fundamental en la protección y supervivencia de la planta. En el caso de especies del género *Bacillus*, han sido empleados en estudios de

antagonismo frente a *Fusarium* raza 1, evidenciando el potencial biocontrolador contra este hongo. Es así que, en el estudio realizado por Leyva-Rodríguez et al. (2017) analizaron 17 cepas de *Bacillus* spp. obtenidas de la filosfera de *Musa* sp. para analizar la actividad antagonista frente a *Fusarium* raza 1. La mayoría de cepas bacterias aisladas a partir de banano, tienen actividad antifúngica gracias a los metabolitos difundidos y volátiles que la bacteria generó para inhibir el crecimiento del hongo. Por consiguiente, las evaluaciones en laboratorio sobre los metabolitos que se pueden obtener son fundamentales para enfocar los aislamientos a cepas más eficientes para el control de fitopatógenos.

Por otra parte, Salas (2015) en sus ensayos, examinó 4 cepas de *Bacillus* spp. autóctonos de los suelos de cultivos de banano para determinar la actividad antagonista y antifúngica. Se identificó que *Bacillus subtilis* presentó mejor potencial antagonista y antifúngica frente al patógeno. Los resultados ratifican que la capacidad antagonista se manifiesta por la presencia de metabolitos secundarios que inhibieron el crecimiento micelial de *Fusarium* raza 1. Los resultados de estos ensayos comprueban la eficacia antifúngica que las especies del género *Bacillus*, obtenidas desde cultivos de banano, tienen frente al hongo *Fusarium* raza 1. Además, al ser microorganismos nativos del suelo de banano sanos, demuestran que existen controladores biológicos en los mismos suelos y por tanto representa una alternativa más económica y ambientalmente sostenible para el desarrollo de bioinsumos (Leyva-Rodríguez et al., 2017; Salas, 2015).

Al igual que *Bacillus* spp., existen otras bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Serratia*, de las que se han demostrado que contribuyen al control de patógenos vegetales y que han sido objeto de estudio para evidenciar su capacidad antagonista frente a otros fitopatógenos importantes para los cultivos de banano. Específicamente, Chávez et al. (2020) evaluó las rizobacterias biocontroladoras: *P. protegens*, *S. marcescens* y *E. asburiae*, procedentes de cultivares endémicos de la familia *Musaceae*, para comprobar su potencial antagonista frente a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *P. protegens* y *E. asburiae* inhibieron la germinación de ascosporas al alterar el tubo germinativo de este, mientras que *S. marcescens* y *E. asburiae* inhibieron el desarrollo micelial de *M. fijiensis*.

La producción de metabolitos secundarios y antibióticos que presenta *P. protegens* (2,4- diacetilfloroglucinol) y *S. marcescens* (Proteasa y ácido cianhídrico) en contra el ciclo productivo de *M. fijiensis* son similares a los fungicidas sintéticos, por lo que su empleo en la agricultura brindará una alternativa favorable para reducir el uso de productos químicos agrícolas, ya que la aplicación frecuente de agroquímicos o la incrementación de su dosis, provoca que el hongo tenga resistencia a estos (Chávez et al., 2020). La habilidad antagonista que expresan estas rizobacterias se centra en la capacidad de producir compuestos antifúngicos que actúan sobre el patógeno, como es el caso de *P. protegens* cuya efectividad está sujeta a la producción de 2,4-diacetilfloroglucinol (2,4-DAPG). Por lo tanto, es clave el estudio de metabolitos secundarios a producción de antibióticos como 2,4-DAPG que inhibe un amplio espectro de hongos patogénicos (Canchignia et al., 2015).

También se ha evaluado cepas individuales y combinadas de bacterias procedentes de suelos bananeros como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp., con hongos *Fusarium oxysporum* (no patógenos) y *Trichoderma atroviride*, evidenciando su impacto biocontrolador contra el nematodo *Radopholus similis* y su potencial para promover el crecimiento de las plantas de banano de la variedad Gran Enano. La inoculación combinada de *F. oxysporum* + *Pseudomonas* spp. y *F. oxysporum* + *Bacillus* spp. y las combinaciones de *Trichoderma* + *Pseudomonas* spp. y *Trichoderma* + *Bacillus* spp. redujeron significativamente la penetración de *R. similis*; esto se puede dar por un efecto aditivo entre hongos y bacterias, que conduce a una menor invasión de nematodos. Es probable que este fenómeno se deba a los mecanismos de repelencia y antibiosis de los microorganismos. Por otra parte, las especies de *Pseudomonas* + hongos, mostraron una mejor actividad de biocontrol hacia *R. similis* que *Bacillus* spp. + hongos (Chavez, 2007). Como se logra evidenciar, las inoculaciones combinadas disminuyeron aún más la cantidad de nematodos que las individuales. Es por eso que el uso de asociaciones de dos o varios microorganismos representan una estrategia efectiva y duradera para inhibir otros patógenos, ya que su mecanismo de acción conjunta les confiere un antagonismo aditivo y/o sinérgico (Chavez, 2007).

Adicionalmente, en una investigación llevada a cabo en la India por Ayyadurai et al. (2006) se aisló y caracterizó cepas de *Pseudomonas fluorescentes*, aisladas de la rizosfera de banano, como antagonista fúngico y adyuvante microbiano de banano. De los 56 aislamientos obtenidos, 4 exhibieron actividad antifúngica in vitro; pero la cepa *Pseudomonas aeruginosa* manifestó la antibiosis más potente contra los principales patógenos de banano puestos a prueba (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, *Cilindrocladio floridanum*, *C. scoparium* y *C. spathiphylli*). En el mismo estudio, *P. aeruginosa* se evaluó a profundidad con estudios de producción de hormona de crecimiento vegetal, ácido indol-3-acético (IAA), sideróforos y enzima solubilizadora de fosfato, obteniendo indicadores claros del potencial de promoción del crecimiento vegetativo de esta cepa. Así mismo, mediante el análisis de TLC (cromatografía en capa fina), HPLC (cromatografía líquida de alta resolución) y FT-IR (transformada de Fourier infrarroja) se confirmó la obtención del antibiótico DAPG, y la cantidad de DAPG producida por la cepa fue de 1 µg ml⁻¹ de cultivo, suficiente para inhibir el desarrollo de fitopatógenos in vitro.

Pese a que muchas bacterias pueden asumir un beneficio para el desarrollo y protección de la planta, los consorcios entre bacterias han demostrado tener un mejor impacto en la promoción de crecimiento del cultivo. (Chavez, 2007)

A pesar de que existen estudios que evalúan el potencial biocontrolador de rizobacterias contra patógenos, hasta el momento no se han desarrollado bioproductos que sean ampliamente comercializados.

Adicionalmente, es importante el levantamiento de información de las bacterias asociadas a las diferentes variedades de bananos en múltiples regiones del mundo ya que se puede obtener un banco basto de bacterias que se puedan usar en todas las zonas de producción de banano. También es necesario ahondar en la evaluación de combinaciones de varios microorganismos antagónicos autóctonos.

De igual modo, es importante realizar investigaciones que permitan identificar y analizar metabolitos secundarios producidos por bacterias para establecer cuáles son los antibióticos o el conjunto de compuestos químicos, que inhiben el crecimiento del hongo fitopatógeno. Es muy recomendable el uso de técnicas bioanalíticas como TLC y HPLC para la detección y cuantificación de una amplia gama de antibióticos, pues en varios estudios de microorganismos asociados a cultivos han dado resultados satisfactorios (Abd-Alla et al., 2013; Al-Ajlani y Hasnain, 2010; Hernández-Rodríguez et al., 2018; Rhitu et al., 2017). Finalmente, sería de gran importancia para el desarrollo de bioinsumos, la evolución del antagonismo bacteriano in vivo para determinar la estabilidad y consistencia del uso de microorganismos endófitos para una estrategia de control biológico (Bécquer et al., 2015; Escalante, 2018; González, 2014; Vinchira, 2014).

CONCLUSIONES

El banano brinda grandes beneficios para el ser humano, pues aporta nutrientes importantes dentro de la dieta diaria. Sin embargo, debido al uso excesivo de agroquímicos, su manejo de siembra no es perfecto, lo que afecta la calidad de la fruta (Blasco y Gómez, 2014). En este sentido, el estudio del microbioma y el uso de microorganismos con capacidad para controlar patógenos vegetales, son importantes herramientas tecnológicas sostenibles para el manejo de plagas. Asimismo, se ha podido comprobar en los estudios previos, una gama amplia de aplicaciones de estos microorganismos que ofrecen beneficios a los productores gracias a los mecanismos de acción producidas por las rizobacterias. La asistencia que brinda las rizobacterias hacia los cultivos son las fitohormonas asimiladas por las plantas que le conducen a un mejor desarrollo, además de la producción de metabolitos antagonistas que inhiben el crecimiento de fitopatógenos (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013; Noumavo et al., 2016; Pedraza et al., 2010). Los microecosistemas de los cultivares nativos de *Musa* mantienen una amplia riqueza microbiana, de modo que se pueden rescatar y generar colecciones bacterianas del género *Pseudomonas fluorescens* para iniciar una plataforma de investigación de agentes de control biológico y asistir con la supresión de enfermedades en el vegetal (Guato-Molina et al., 2018). Existe una enorme diversidad de bacterias con potencial biotecnológico para el control de patógenos, lo que se traduce en una reducción en el uso de fertilizantes y pesticidas. El uso de bioinsumos contribuye a una agricultura sostenible y a una producción de banano de alta calidad (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013; Pedraza et al., 2010; Pérez y Chamorro, 2013). Aún queda mucho por investigar acerca de las bacterias asociadas a las plantaciones de banano, por lo que futuros estudios deberían enfocarse en la actividad biocontroladora de las bacterias para comprender el impacto que tiene la bacteria en la vida de la planta y saber si realmente posee un efecto sobre el rendimiento del cultivo.

RECOMENDACIONES

Se sugiere implementar investigaciones para encontrar nuevas cepas de bacterias con capacidad biocontroladora de patógenos en cultivos propios de banano, que puedan servir para mitigar los efectos de fitopatógenos. Futuros proyectos enfocados en la evaluación de bacterias asociadas al banano podrían considerar análisis químicos y bioquímicos para identificar moléculas, enzimas, hormonas, antibióticos y metabolitos secundarios de microorganismos que potencialmente sean biocontroladores de fitopatógenos, sideróforos o promotores de hormonas vegetales, como se han evaluado en otros cultivos (berenjena, pimiento, guindilla y garbanzo) (Ariza y Sánchez, 2012; Barreto y Castro, 2011; Karimi et al., 2012; Lozada, 2018; Ramírez, 2016; Ramyasmruthi et al., 2012). Esto puede servir de base para promover el desarrollo de bioinsumos que fortalezcan a las plantaciones de banano y se traduzcan en frutos de calidad y a la vez minimizando el uso de agroquímicos. Ejecutar un monitoreo continuo y a largo plazo en las plantaciones bananeras, para determinar los umbrales económicos de las plagas para comprender si es necesario adaptar algún método de control. Realizar investigaciones con un seguimiento y recolección de datos enfocados en los efectos ocasionados por los fitopatógenos, para detectar anticipadamente cualquier resistencia hacia algún agente activo. Analizar plantas bananeras con y sin la presencia de patógenos para evaluar y estudiar dichos fitopatógenos para su posible uso en futuros estudios antagónicos.

Se aconseja utilizar la combinación de diferentes microorganismos autóctonos del cultivo de banano a fin de encontrar cepas con mejor actividad antagonista. Una vez evaluada in vitro el efecto antagónico de las bacterias rizosféricas estudiadas, se recomienda enfrentar in vivo a estas bacterias contra diversos patógenos, para

identificar las especies que tengan mayor efectividad frente a plagas cuarentenarias de importancia económica. Es conveniente que los futuros estudios incluyan un enfoque multidisciplinario, donde diferentes especialistas trabajen en conjunto y contribuyan al conocimiento de los procesos competenciales en su campo de estudio; es importante, la unión de microbiólogos, químicos y agrónomos, para emprender desde los aspectos fundamentales de lo que pueden hacer los microorganismos en condiciones de laboratorio, las interacciones químicas con los compuestos utilizados y por último, el trabajo sustancial que realizan los agricultores en la aplicación de los productos a la fruta, y dilucidar la eficacia del producto que se evalúa en el control de la gravedad de las enfermedades provocadas por los fitopatógenos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Técnica Particular de Loja, por el financiamiento del proyecto “PROY_INV_CCBIO_2021_2785”, dentro de cual se deriva este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abd-Alla, M. H., El-Sayed, E.-S. A., y Rasmey, A. M. (2013). Indole-3-acetic acid (IAA) production by *Streptomyces atrovirens* isolated from rhizospheric soil in Egypt. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 3(2), B182–B193.
- Agro Árbol. (2021). El sistema de raíces de un árbol de plátano. <https://bit.ly/3wwRv4R>
- Al-Ajlani, M. M., y Hasnain, S. (2010). Bacteria Exhibiting Antimicrobial Activities; Screening for Antibiotics and the Associated Genetic Studies. *The Open Conference Proceedings Journal*, 1, 230–238.
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., y Pilkauskas, P. (2004). La economía mundial del banano. In *La economía mundial del banano*. <https://bit.ly/3PqoOix>
- Ariza, Y., y Sánchez, L. (2012). Determinación de metabolitos secundarios a partir de *Bacillus subtilis* con efecto biocontrolador sobre *Fusarium* sp. *Nova-Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 10, 135–250.
- Ayyadurai, N., Ravindra Naik, P., Sreehari Rao, M., Sunish Kumar, R., Samrat, S. K., Manohar, M., & Sakthivel, N. (2006). Isolation and characterization of a novel banana rhizosphere bacterium as fungal antagonist and microbial adjuvant in micropropagation of banana. *Journal of Applied Microbiology*, 100(5), 926–937. <https://bit.ly/3liT6pw>
- Badii, M., Landeros, J., y Cerna, E. (2007). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas. *Culcyt*, 4(23), 27. <https://bit.ly/3NmpuDP>
- Barreto, I., & Castro, C. (2011). Cuantificación de la actividad enzimática tipo quitinasa de Actinomicetos y su capacidad antagonica frente a hongos fitopatógenos [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://bit.ly/3wIRLh6>
- BBC News. (2019, July 16). Los 3 alimentos baratos que ayudan a los niños desnutridos a recuperarse más rápido. *BBC News*. <https://bbc.in/3sJnwp7>
- Bécquer, C. J., Lazarovits, G., Nielsen, L., Quintana, M., Adesina, M., Quigley, L., Lalin, I., y Ibbotson, C. (2015). Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas y *Trichoderma* en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Pastos y Forrajes*, 38(1), 29–37.
- Blasco, G., y Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Revista Médica de La Universidad Veracruzana*, 14(2), 22–26. <https://bit.ly/3wo6DTI>
- Camelo, M., Sulma, P., y Bonilla, R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159–166.
- Canchignia, H., Cruz, N., Barrera, A., Morante, J., Canchignia, G., y Peñafiel, M. (2015). Aplicación de Rizobacterias que promueven el crecimiento en plantas (PGPR) del género *Pseudomonas* spp como controladores biológicos de insectos y nemátodos-plagas. *Ciencia y Tecnología*, 8(1), 25–35.
- Castillo, B., Ruiz, J. O., Manrique, M. A., y Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Revista Espacios*, 41(10), 11.
- Chaves-Bedoya, G., Ortiz-Moreno, M. L., y Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronomica*, 62(1), 66–72.
- Chávez, K., Guato Molina, J., Rodríguez Acosta, J., Cedeño Moreira, Á., Romero Meza, R., y Canchignia Martínez, H. (2020). Rizobacterias con potencial antagonista in vitro a *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet. *Ciencias Agrarias*, 13, 10–17.
- Chavez, P. (2007). Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del Nematodo Barredor *Radopholus similis* (Cobb) Thorn. *Catie*, 85. <https://bit.ly/3wDhVSF>
- Cisneros, F. (1995). Principios del control de las plagas agrícolas. In *Angewandte Chemie International Edition*. <https://bit.ly/3ae9s0B>

- Córdova-Bautista, Y., Rivera-Cruz, M., Ferrera-Cerrato, R., Obrador-Olán, J., y Córdova-Ávalos, V. (2009). Detección de bacterias benéficas en suelo con banano (*Musa AAA Simmonds*) cultivar “Gran enano” y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y Ciencia*, 25(3), 253–265.
- Delaporte, P. (2018). Contribución de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la nutrición de hierro y fósforo de plantas de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) [Universidad Nacional de Tucumán]. <https://bit.ly/3wxPK8P>
- Díaz, C. A. (2020). Principal insecto plaga que afectan la calidad del racimo de banano (*Musa paradisiaca*) y sus métodos de control. 36. <https://bit.ly/3PsHmPi>
- Dita, M., Echegoyén, P., & Pérez, L. (2013). Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense En un país de la región del OIRSA. <https://bit.ly/3yLi2y5>
- El Comercio. (2021, August 10). COE Nacional: “El problema del *Fusarium*, que puede afectar al banano, es tan sensible que se lo ha puesto al mismo nivel del covid-19” - El Comercio. El Comercio. <https://bit.ly/3liGzCL>
- El Universo. (2021, June 8). Para evitar que el *Fusarium* RT4 se disperse, Perú entrega kits básicos de bioseguridad a sus productores | Economía | Noticias | El Universo. El Universo. <https://bit.ly/3sK2wPg>
- Escalante, M. (2018). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias *Azotobacter* sp. aisladas de suelos cultivados de la región Puno y su efecto en plántulas de trigo (*Triticum aestivum*) [Universidad Nacional del Atlíplano]. <https://bit.ly/3z6gv63>
- ESPOL. (2021, May 14). ESPOL siempre a la vanguardia en la prevención del hongo *Fusarium* Raza 4 Tropical. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. <https://bit.ly/3Lp79EH>
- FAO. (2016). ¿Qué es la raza 4 tropical? Hechos clave de la marchitez del banano por *Fusarium Foc R4T*. <https://bit.ly/3wBQFUm>
- FAO. (2021a). Banana Market Review 2020. <https://bit.ly/3NqCzMn>
- FAO. (2021b). Global Soil Health Indicators and Assessment. FAO. <https://bit.ly/3wlyofe>
- FAO. (2021c). Manejo de pesticidas en la industria bananera. Fao. <https://bit.ly/3wsb2TO>
- FAO, y IPPC. (2020). Glosario de términos fitosanitarios. <https://bit.ly/3lvcIa8>
- García-Bastidas, F. A., Pachacama-Gualotuña, S. F., Jarrín-Escudero, D. A., Iza-Arteaga, M. L., Ayala-Vásquez, M., Emiro-Ortiz, H., Luna-Dix, O. J., Echegaray-Buezo, J., Farfán-Menéndez, D., Bartolini-Martínez, I., Beltrán-Montoya, C., y Zeballos-Céspedes, G. (2020). Guía andina para el diagnóstico de *Fusarium* Raza 4 Tropical (R4T) *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense (syn. *Fusarium odoratissimum*) agente causal de la marchitez por *Fusarium* en musáceas (plátanos y bananos). In *Comunidad Andina* (Issue July).
- Garzón, L., y Mantilla, M. (2021). Alternativas para el proceso de recuperación de suelos contaminados por el uso de agroquímicos en el cultivo del tomate en el municipio de Gramalote departamento Norte de Santander Colombia. (Issue 1).
- Gonzabay, R. (2017). Cultivo del banano en el Ecuador. <https://bit.ly/3yV9J2V>
- González, G., Espinosa, B., Cano, P., Moreno, A., Leos, L., Sánchez, H., y Sáenz, J. (2018). Influencia de rizobacterias en la producción y calidad nutraceutica de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 367–379. <https://bit.ly/3lIGNJg>
- González, T. (2014). Antagonismo microbiano asociado a cepas bacterianas provenientes de maíz (*Zea mays*) y jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) del Estado de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Groenewald, S., Van Den Berg, N., Marasas, W., y Viljoen, A. (2006). The application of high-throughput AFLP's in assessing genetic diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. *The British Mycological Society*, 0, 297–305. <https://bit.ly/3Pr7vOu>
- Guato-Molina, J., Chávez-Arteaga, K., Peñafiel-Jaramillo, M., Mestanza-Uquillas, C., y Canchignia-Martínez, H. F. (2018). Bacterias fluorescentes productoras de metabolitos antagonicos de cultivares nativos de *Musa* sp. y su diversidad filogenética al gen ARNr 16S. *Ciencia y Tecnología*, 11(2), 17–29. <https://bit.ly/3a1u4Jf>
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M., y Cambero-Campos, O. (2013). Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* Junio, 2(3), 102–112.
- Guzmán-Piedrahita, Ó. (2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [COBB] Thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, 32(33), 137–153. <https://bit.ly/3woqq4Z>
- Guzmán, Ó., y Castaño, J. (2009). Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*), áfrica, FHIA-20 Y FHIA-21 en la granja Montelindo, Municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, 28(107), 295–301.
- Haifa. (2009). Recomendaciones nutricionales para BANANA. In Haifa. <https://bit.ly/3sDsEuY>

- Hernández-Rodríguez, A., Acebo-Querrero, Y., Pijeira Fernández, G., Díaz de la Osa, A., y Restrepo-Franco, G. M. (2018). Characterization of fluorescent *Pseudomonas* from *Oryza sativa* L. rhizosphere with antagonistic activity against *Pyricularia oryzae* (SACC.). *African Journal of Biotechnology Full*, 17(38), 1196–1206. <https://bit.ly/3FYZxIa>
- Hidalgo, J. (2017). La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano [Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador]. <https://bit.ly/3G64Jd1>
- Hidalgo, M., Tapia, A., Rodríguez, W., y Serrano, E. (2006). Efecto de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano (*Musa* sp. AAA, cv. Valery). *Agronomía Costarricense*, 30(1), 35–41.
- Huassaquiche, L., Moreno, P., y Jiménez, J. (2020). Caracterización y evaluación del potencial PGPR de la microflora asociada al cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Ecología Aplicada*, 19(2), 65. <https://bit.ly/3wy3dMw>
- InfoAgro. (2009, September 25). El cultivo del plátano (banano). InfoAgro. <https://bit.ly/3MlokIC>
- INFOCOMM. (2016). Banano. In Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo UNCTAD. <https://bit.ly/3FYuHiU>
- Intagri. (2018). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de Banano. Intagri. <https://bit.ly/3NcstyG>
- Karimi, K., Amini, J., Harighi, B., y Bahramnejad, B. (2012). Evaluation of biocontrol potential of *Pseudomonas* and *Bacillus* spp . against *Fusarium* wilt of chickpea. *Australian Journal of Crop Science*, 6(4), 695–703.
- Leyva-Rodríguez, L., Cruz-Martín, M., Acosta-Suárez, M., Pichardo, T., Bermúdez-Caraballoso, I., y Alvarado-Capó, Y. (2017). Antagonismo in vitro de cepas de *Bacillus* spp. frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. *Biotecnología Vegetal*, 17(4), 229–236. <https://bit.ly/3Lw0Pvq>
- López-Zapata, S., y Castaño-Zapata, J. (2019). Integrated management of Panama disease *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder y H.N. Hansen]: a review. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 22(2), 1–13. <https://bit.ly/3Mp8NaF>
- López, A., y Espinosa, J. (1995). Manual de nutrición y fertilización del banano.
- Lozada, H. (2018). Análisis químico mediante técnicas cromatográficas y espectroscópicas del antibiótico producido por los géneros *Stenotrophomonas* y *Burkholderia* aislados de muestras de suelo [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://bit.ly/3G2Obmi>
- Marcano, I. E. (2014). Aislamiento y caracterización de bacterias de la rizosfera de banano en República Dominicana y selección de cepas para el desarrollo de biofertilizantes. 269. <https://bit.ly/38ArcTo>
- Márquez, A. (2021, February 22). RIZOSFERA: qué es, para qué sirve, composición e importancia. *Ecología Verde*. <https://bit.ly/39t2CUw>
- Martín, M., & Rivilla, R. (2014). Colonización de la rizosfera por *Pseudomonas*. (Vol. 2, Issue 5) [Universidad Autónoma de Madrid]. <https://bit.ly/3LD8pEm>
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., y Pargas-Pichardo, R. E. (2019). Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4 : Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía Mesoamerica*, 31(1), 259–276. <https://bit.ly/3NhVitu>
- Martínez, A. (1997). Deficiencia de nutrientes y recomendaciones de fertilización en el cultivo del plátano (*Musa* AAB, simmonds) de la orinoquia colombiana. <https://bit.ly/3wCEdUA>
- Mejía, G., y Escamilla, E. (2018). Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). In Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria Y Forestal “Enrique Álvarez Córdova.” <https://bit.ly/3NgfH22>
- Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador. (2017). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. In Ministerio de Comercio Exterior (Vol. 53, Issue 9). <https://bit.ly/3Pm8Upz>
- Ministerio de Salud Pública, y Ministerio de Educación. (2017). Guía de alimentación y nutrición para docentes. Ministerio de Salud Pública, 45. <https://bit.ly/3PnCJG1>
- Mira, J., Moreno, J., Olarte, F., Candanoza, J., Blanco, C., & Mendoza, R. (2009). Identificación y manejo integrado de PLAGAS en Banano y Plátano, Magdalena y Urabá Colombia. In *Revista Augura*. <https://bit.ly/3wz3Pmv>
- Moreno, A., García Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., y Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 68–83. <https://bit.ly/3a14HHr>
- Naranjo-Morán, J., Vera-Morales, M., y Mora-González, A. (2021). Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador): Una revisión bibliográfica de algunos factores que intervienen en la salud y nutrición del cultivo. *Siembra*, 8(2), 13.

- Noumavo, P., Agbodjato, N., Baba Moussa, F., Adjanohoun, A., y Baba Moussa, L. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria: Beneficial effects for healthy and sustainable agriculture. *African Journal of Biotechnology*, 15(27), 1452–1463. <https://bit.ly/3Lif9HG>
- Ordoñez, A. S. (2016). Impacto ambiental en los recursos naturales derivado de la actividad agrícola bananera en el cantón Machala provincia de El Oro. <https://bit.ly/3MrN7dZ>
- Orozco-Santos, M., García-Mariscal, K., Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Martínez-Bolaños, L., Beltrán-García, M., Garrido-Ramírez, E., Torres-Amezcu, J., & Canto-Canché, B. (2013). La sigatoka negra y su manejo integrado en banano. <https://bit.ly/3LA43mI>
- Pedraza, R., Teixeira, K.-R. S., Scavino, A. F., De Salamone, I. G., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., y Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155–164. <https://bit.ly/3wp6DCD>
- Peñín, A. (2017). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. <https://bit.ly/3yJF8oz>
- Pérez-Pérez, R., Pérez-Martínez, S., y Almeida-Acosta, I. (2021). Effect of the inoculation of PGPR isolated from corn on the growth of this crop under controlled conditions. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 42(3), 11.
- Pérez, A., y Chamorro, L. (2013). Bacterias endófitas: un nuevo campo de investigación para el desarrollo del sector agropecuario. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 5(2), 439–462.
- Polanco, A. (2017, November 28). Plátano (*Musa spp*), cuidados de la planta. Propiedades del plátano. <https://bit.ly/3LiyOHZ>
- Quinde, L. (2018). Determinación del grado de contaminación por presencia de metales pesados en suelos, raíces, hojas y frutas en plantas de banano debido al uso de agroquímicos en una finca ubicada en la Provincia de Los Ríos. [Escuela Superior Politécnica Elitoral]. <https://bit.ly/3wHR7R0>
- Ramírez, M. (2016). Extracción y caracterización de metabolitos secundarios a partir de *Bacillus thuringiensis* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://bit.ly/3G2WONR>
- Ramyasmruthi, T., Srividya, S., Pallavi, O., Pallavi, S., y Tilak, K. (2012). Chitinolytic and secondary metabolite producing *Pseudomonas fluorescens* isolated from Solanaceae rhizosphere effective against broad spectrum fungal phytopathogens. *Pelagia Research Library Asian Journal of Plant Science and Research*, 2(1), 1–9. <https://bit.ly/3Np7kBA>
- Reyes, A. (2019). Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) y su aporte en la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon sculentum L.*). <https://bit.ly/3No5fWa>
- Rhithu, R., Srinivasamurthy, R., Dash, P. K., y Gupta, P. (2017). Isolation, characterization and evaluation of the biocontrol potential of *Pseudomonas protegens* RS-9 against *Ralstonia solanacearum* in Tomato. *Indian Journal of Experimental Biology*, 55, 595–603.
- Rocha, A. D. J., Soares, J., Nascimento, F., Santos, A., Batista, V., Amorim, V., Ferreira, C., Haddad, F., Santos-Serejo, J., y Amorim, E. (2021). Improvements in the Resistance of the Banana Species to *Fusarium Wilt*: A Systematic Review of Methods and Perspectives. *Journal of Fungi*, 7(249), 35.
- Román, C. (2012). Consideraciones epidemiológicas para el manejo de la Marchitez por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*) del banano en la región central del Perú. In Universidad de Costa Rica. <https://bit.ly/3PrXdxo>
- Ruiz, E. (2019). Evaluación del regulador de crecimiento vegetal (VIUSID) como enraizador en la reproducción de Platano (*musa paradisíaca*) en fase de vivero en el municipio de Turbo- Antioquia. *Ayax*, 8(5), 55.
- Saavedra, J. (2017). Efectos de las malas prácticas agrícolas sobre el retorno en plantas de banano (*Musa x Paradisiaca L.*) subgrupo Cavendish [Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias]. <https://bit.ly/3G5pVA0>
- SADER, y SENASICA. (2017). Fusariosis De Las Musáceas. In Secretaria De Agricultura Y Desarrollo Rural (Issue 02). <https://bit.ly/3wzMCrJ>
- Salas, V. (2015). Determinación del antagonismo in vitro de *Bacillus spp.* aislado del suelo de los cultivos de banano de la región costa del Ecuador frente al hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza tropical 1 [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://bit.ly/3lx4Bdo>
- Sanchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., y Freire, C. (2020). Sector Bananero Ecuatoriano. In Revista de Coyuntura. <https://bit.ly/3wy1Jlq>
- Siamak, S., y Zheng, S. (2018). Banana Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*) Control and Resistance, in the Context of Developing Wilt-resistant Bananas Within Sustainable Production Systems. *Horticultural Plant Journal*, 4(5), 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.08.001>
- Tangarife, N. (2021). Control biológico, la nueva era de la agricultura [Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.]. <https://bit.ly/3yQ7rIE>

- Tanya, M., y Laiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103.
- Távora, M. (2020). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura [Universidad de Piura]. <https://bit.ly/3PtK4E1>
- Turner, D., & Rosales, F. (2003). Banana Root System : towards a better understanding for its productive management (Issue 11). <https://bit.ly/3lr1FPPr>
- Tuz, I. (2018). Manejo Integrado del Cultivo de Banano (Musa X Paradisiaca L.) Clon Williams, usando Biocarbón y Microorganismos eficientes. In Universidad Tecnica De Machala. <https://bit.ly/3PnBwyN>
- Valero, T., Rodríguez Alonso, P., Ruiz Moreno, E., Ávila Torres, J. M., y Valera Moreiras, G. (2018). La alimentación española características nutricionales de los principales alimetnos de nuestra dieta. In Fundación Española de la Nutrición (2nd ed.). <https://bit.ly/3G2sHpF>
- Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. <https://bit.ly/3lusguR>
- Vega, M., Silvet, A., Arriola, J., Pérez, G., y Mendoza, J. (2015). Ideas y conceptos de la formación de Biopelículas en la acción de las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*, 16(9), 95–111.
- Velázquez-Becerra, C., Orozco-Mosqueda, M. C., Macías-Rodríguez, L. I., Flores-Cortez, I., Santoyo, G., y Valencia-Cantero, E. (2011). La planta leguminosa *Medicago truncatula* y la rizobacteria *Arthrobacter agilis* se perciben mutuamente por medio de sus compuestos orgánicos volátiles. *Ciencia Nicolaita*, 54, 41–54.
- Velez, O. (2021). Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano, métodos de control y manejo: Revisión de literatura.
- Vézina, A., y Rouard, M. (2021, April 12). *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. ProMusa. <https://bit.ly/3wlvNCO>
- Viera-Arroyo, W. F., Tello-Torres, C. M., Martínez-Salinas, A. A., Navia-Santillán, D. F., Medina-Rivera, L. A., Delgado-Párraga, A. G., Perdomo-Quispe, C. E., Pincay-Verdezoto, A. K., Báez-Cevallos, F. J., Vásquez-Castillo, W. A., Trevor, J., del Artículo Resumen, D., de contacto, D., y Fernando Viera-Arroyo, W. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128–149.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., y Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp . y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales Current situation of *Fusarium* spp in the control and evaluation of the antifungal activity on vegetables extracts Introducción. *Acta Agronómica*, 64(2), 194–205. <https://bit.ly/3MlmwiO>
- Vinchira, D. (2014). Evaluación de tres aislamientos bacterianos como potenciales promotores de crecimiento vegetal en plantas de arroz (*Oryza sativa*).
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., y García, R. (2020). La producción de banano en la Provincia de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189–195.

No existe conflicto de intereses entre las autoras

CONTRIBUCIÓN AUTORAL

Stefania Cevallos Solorzano: Conceptualización, metodología.

Daniela E. Morocho Ponce: Curación de datos preparación de borrador escritura y revisión.