



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Premio Anual de la Academia de Ciencias de Cuba, 2020

Bacterias del género *Bacillus* con potencialidades para la sostenibilidad agrícola en Cuba

Marcia M. Rojas Badía ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4958-1873>

Mayra Heydrich Pérez ² <https://orcid.org/0000-0002-1849-1333>

Daymara Sánchez Castro ¹ <https://orcid.org/0000-0002-7168-3959>

Berto Tejera Hernández ¹ <https://orcid.org/0000-0001-7755-2936>

Yoania Ríos Rocafull ² <https://orcid.org/0000-0003-1774-0868>

Daysi Lugo Moya ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8401-1430>

¹Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

²Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt. La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: marcia@fbio.uh.cu

Palabras clave

Bacillus; Bacterias promotoras del crecimiento vegetal; antagonismo; cultivos de interés económico; sostenibilidad agrícola

RESUMEN

Introducción: El uso de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) permiten disminuir el empleo de químicos en la agricultura, perjudiciales para el ambiente y los seres humanos. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar integralmente aislados de la clase Bacilli para la selección de cepas potencialmente eficientes para su uso en la agricultura sostenible. **Métodos:** Se aislaron las bacterias calentando a 80 °C las muestras de rizosfera y plantas desinfectadas de arroz, maíz y café. Se caracterizaron según sus atributos como PGPB y antagonistas de patógenos. Se seleccionaron cepas para estudiar la colonización, la diversidad poblacional y el efecto en la promoción del crecimiento. **Resultados:** Se aislaron y caracterizaron 145 bacterias aerobias Gram positivas formadoras de endosporas endófitas y rizosféricas. Las cepas estudiadas muestran varios atributos para la promoción del crecimiento. Se demostró el antagonismo de 37 cepas de arroz, maíz y café frente a 11 hongos fitopatógenos. Se seleccionaron dos cepas que demostraron su capacidad para colonizar plantas de arroz y de formar biopelículas y de movimiento. Se identificaron las cepas promisorias por secuenciación del DNA r 16S como pertenecientes al género *Bacillus*. El estudio molecular de la población de *Bacillus* aislados del arroz demostró su elevada diversidad genética y la presencia de determinantes de virulencia en algunas cepas. La inoculación de maíz y tomate en condiciones semicontroladas mostró efectos positivos en el crecimiento de la planta. Conclusiones: Se dispone de una colección microbiana nativa, caracterizada integralmente, eficiente en la promoción del crecimiento vegetal y con actividad antagonista de patógenos, que constituyen la base para la obtención de nuevos bioproductos. Se propone una metodología eficiente para la prospección y caracterización de *Bacillus* para la sostenibilidad agrícola.



Bacteria from *Bacillus* genus with potentialities for agricultural sustainability in Cuba

ABSTRACT

Keywords

Bacillus, Plant growth promoting bacteria, antagonism, crops of economic interest, agricultural sustainability

Introduction: The use of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) allows for diminishing the use of chemical products in agriculture. These products are dangerous for environments and human health. The objective of the present work was to characterize isolates from Bacilli class to select potentially efficient strains for their use in sustainable agriculture. **Methods:** To isolate bacteria; the samples from rhizosphere and rice, maize and coffee plants were heated to 80 °C. The isolates were characterized according to PGPB and antagonistic traits. Several strains were selected to study the colonization, diversity and their effect on plant growth. **Results:** One hundred forty-five aerobic Gram-positive endospore forming bacteria were isolated from rice, maize and coffee. The studied strains showed several traits for plant growth. In thirty-seven selected strains from rice, maize and coffee, antagonistic activity was demonstrated against phytopathogenic fungi. After that, two strains were selected and they show their ability to colonize rice plants, move and form biofilms. The promised strains were identified as belonging to *Bacillus* genus by DNAr 16S sequencing. The molecular study of *Bacillus* from rice demonstrated the high genetic diversity and the occurrence of virulence determinants in few strains. The inoculation of maize and tomato in semicontrolled conditions showed positive effects in plant growth. **Conclusions:** An integrally characterized bacterial native collection, efficient for plant growth promotion and antagonistic activity is available, which constitutes the base for new bioproducts obtainment. This work proposes an efficient methodology for prospecting and characterizing *Bacillus* for their use in agricultural sustainability.

INTRODUCCIÓN

El género *Bacillus* se destaca por su empleo en el biocontrol de fitopatógenos, aunque se ha ampliado la utilización de cepas promisorias en la promoción del crecimiento vegetal. Además, estas bacterias presentan ventajas en este sentido como la formación de endosporas que le proporcionan mayor sobrevivencia en el suelo, elevada velocidad de crecimiento y amplia versatilidad en la producción de metabolitos. Los inoculantes microbianos basados en las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) reducen la dependencia de productos químicos de alto riesgo en la agricultura y constituyen alternativas económica y ambientalmente viables.

En particular, la prospección y el estudio de la biodiversidad de las especies de *Bacillus* pueden tener especial interés, teniendo en cuenta las amplias potencialidades de este género para la producción sostenible de alimentos, aspecto vital en el desarrollo actual de nuestro país. La mayor parte de los estudios nacionales e internacionales de este género bacteriano, analizan el control de plagas por *Bacillus thuringiensis*; en otros casos se han hecho aislamientos y caracterizaciones parciales relacionadas con sus atributos como promotor del crecimiento de las plantas o antagonista de patógenos. Por estas razones el objetivo de esta investigación fue caracterizar integralmente aislados de la clase Bacilli para la selección de cepas potencialmente eficientes para su uso en la agricultura sostenible.

MÉTODOS

Aislamientos de *Bacilli*

Se tomaron muestras de rizosfera y plantas de arroz, maíz y café de diferentes localidades, en zonas que no habían sido biofertilizadas. Se calentaron las muestras diluidas a 80 °C durante 30 minutos y se sembró en medio de cultivo Agar Triptona Soya o Agar Nutriente. Se realizó tinción de Gram. Se seleccionaron como Bacilli los bacilos Gram positivos con crecimiento aerobio formadores de endosporas.

Determinación de los atributos como promotores del crecimiento

La determinación de la producción de indoles tipo ácido indolacético (AIA), de la capacidad de crecer en medio libre de nitrógeno, de solubilización de fosfatos se realizaron según Rojas *et al.* ⁽¹⁾ Se determinó la producción de enzimas fosfatasa utilizando el p-nitrofenil fosfato de sodio, a diferentes pH según fuera ácidas o alcalinas, y midiendo por espectrofotometría la producción de p-nitrofenol, producción de amonio empleando el reactivo de Nessler y de 1-amino 1-ciclopropano carboxilato (ACC) desaminasa mediante la siembra en un medio mínimo con ACC como única fuente de nitrógeno.

La obtención, validación de los antisueros policlonales y de la técnica inmunológica para su empleo en la detección del AIA se describen en Rojas *et al.* ⁽²⁾ Además, se llevó a cabo la caracterización de los indoles producidos por cromatografía

en capa delgada y el efecto del AIA en el crecimiento de las plantas *in vitro*,⁽³⁾ así como el efecto de esta hormona en el crecimiento de cepas de *Bacillus*.⁽⁴⁾

Determinación de la actividad antagonista *in vitro* y posibles mecanismos involucrados

Para determinar el efecto antagonista de los aislados obtenidos frente a 11 hongos fitopatógenos que afectan diferentes cultivos de interés económico se empleó la metodología de cultivo dual.^(5,6) La determinación de biosurfactantes se realizó por el método del colapso de la gota y de cianuro de hidrógeno (HCN), mediante la reacción de este con carbonato de calcio en ácido pícrico. Se determinó la actividad de diferentes enzimas líticas (glucanasas, proteasas, lipasas, quitinasas y amilasas) midiendo el halo de hidrólisis producido en un medio con el sustrato adecuado según la enzima (celulosa, leche descremada, tween 80, quitinasa coloidal y almidón) y en los casos necesarios un revelador (rojo congo para glucanasas y lugol para amilasas).

Identificación de aislados seleccionados por sus potencialidades

Se secuenció el gen que codifica el ARN ribosómico 16S (ADNr16S) y se comparó con las bases de datos del Genbank.⁽⁵⁾ Se trabajó en la búsqueda *in silico* de un fragmento de la subunidad A del gen de la girasa (*gyrA*) a partir de 32 secuencias diferentes de *Bacillus* obtenidas del GenBank y alineadas usando el programa ClustalW, para diseñar una pareja de nuevos cebadores para la amplificación de este fragmento, y se realizó la secuenciación para su identificación a nivel de especie.

Colonización y atributos que lo permiten

Se cuantificó la producción de biopelículas por el método de violeta cristal.⁽¹⁾ Se probó la capacidad de movimiento, tanto de tipo superficial mediado por flagelo (*swarming*) como natatorio (*swimming*), mediante la inoculación superficial o por punción en el medio de cultivo con 0,6 % y 0,3 % de agar, respectivamente. Se estudió la dinámica de colonización por la inoculación de semillas de arroz con cepas dobles mutantes a los antibióticos rifampicina y ácido nalidíxico (RP27 y EAI5), y se cuantificaron en medio selectivos con los antibióticos una semana postinoculación. Además, se visualizó mediante microscopía de fluorescencia, la presencia de la bacteria en las raíces y los tallos de las plantas de arroz, empleando estas cepas marcadas con proteína verde fluorescente.

Estudio molecular de poblaciones de *Bacillus* provenientes de arroz

Se caracterizó la diversidad de 17 cepas de *Bacillus* spp. a través del análisis combinado de cuatro marcadores RAPD (por sus siglas en inglés: *Random amplified polymorphic*

DNA), para estudiar la diversidad dentro de la población de *Bacillus* asociados al cultivo del arroz. Además, estas cepas se caracterizaron mediante PCR en cuanto a la presencia de ocho determinantes de virulencia para humanos empleando cebadores específicos para cada caso.

Efecto de cepas seleccionadas en el crecimiento de las plantas en condiciones semicontroladas

Los bioensayos de inoculación en maíz, tomate y zana-horia en condiciones semicontroladas se describen en Rojas *et al.*⁽⁷⁾

Análisis biométricos

Para todos los ensayos se realizaron diseños experimentales según el caso. Los experimentos *in vitro* se realizaron por triplicado y los *in vivo*, con 10 repeticiones cada uno. Se analizaron la normalidad y homogeneidad de varianza para determinar el cumplimiento de las premisas para análisis paramétricos. Según el caso se seleccionaron las pruebas paramétricas o no para las comparaciones de los resultados. Se empleó el paquete estadístico STATISTICA versión 8,0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los aislamientos realizados de arroz, maíz y café, se obtuvieron 145 aislados nativos de la rizosfera y endófitos de la raíz y la parte aérea, presentando la mayor frecuencia de aparición en la rizosfera (Tabla 1). Estos aislados son bacilos Gram positivos formadores de endosporas con crecimiento aerobio, lo que permitió clasificarlos como pertenecientes a la clase Bacilli.

Caracterización de atributos para la promoción del crecimiento

Las cepas estudiadas solubilizan fosfato de calcio, hierro y aluminio, mineralizan fósforo orgánico a través de fosfatasas ácidas y alcalinas, producen indoles tipo ácido 3-indolacético, amonio, la enzima 1-aminociclopropano a carboxilato desaminasa (ACCd) y fijan nitrógeno atmosférico en diferente medida.^(5,1,8) Todos estos estudios permitieron seleccionar las cepas que muestran la mayoría de estos atributos (Tabla 2).

Por otra parte, se obtuvieron antisueros en conejo utilizando como antígeno el AIA adherido a membranas de nitrocelulosa, que mostraron un elevado título y especificidad. Mediante la técnica de inmunoadsorción se detectó la producción de esta auxina, lo que se corresponde con su cuantificación por espectrofotometría. Esto permitió la validación de este ensayo para la detección rápida y eficiente de este metabolito.⁽²⁾ Además, se demostró que el AIA es mayoritario entre los indoles producidos por las cepas analizadas mediante

cromatografía en capa delgada ⁽³⁾ y cómo este puede influir en el crecimiento de cepas del género de interés. ⁽⁴⁾

Caracterización de atributos para el antagonismo de patógenos

Se probó el antagonismo de 15 cepas de arroz, ^(5,9) dos de maíz y 20 de café ⁽⁶⁾ frente a diferentes hongos fitopatógenos, según el caso: *Pyricularia oryzae*, *Alternaria solani*, *Curvularia sp.*, *Fusarium sp.*, *F. chlamydosporum*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. incarnatum*, *Corynespora cassicola*, *A. brassicicola*, *Cladosporium fulvum*, lo que contribuiría a establecer medidas integrales para el mejoramiento de la salud de la planta. Se demostró la producción de enzimas líticas (glucanasas, proteasas, quitinasas, lipasas y amilasas), HCN y biosurfactantes, lo que sustenta la actividad antagonista de estas cepas. Se seleccionaron las cepas más promisorias para el control biológico de los hongos evaluados (Tabla 2).

Estudios de colonización

La capacidad de formar biopelículas y la motilidad ofrecen ventajas para la colonización de la rizosfera y el interior de las plantas, lo que contribuye al efecto positivo sobre estas. Al medir la producción de biopelículas en 19 cepas de arroz, 19 de maíz y dos de café, se determinó que los máximos de producción coinciden con las 48 h y 72 h en todas las cepas. Tanto el movimiento de tipo superficial mediado por flagelo (*swarming*) como el natatorio (*swimming*), en ocho cepas de arroz, dos de maíz y dos de café alcanzan los mayores valores a partir de las 48 horas. Se demostró en la inoculación de plántulas de arroz con cepas dobles mutan-

tes a los antibióticos rifampicina y ácido nalidíxico (RP27 y EAI5), que estas aparecían en concentraciones superiores a 10³ UFC.planta⁻¹ después de una semana. Sin embargo, la cepa RP27 coloniza mejor la planta de arroz independientemente de la variedad de que se trate. Además, se demostró mediante microscopía de fluorescencia, empleando estas cepas marcadas con proteína verde fluorescente, que una semana después de la inoculación la bacteria se encuentra diseminada en las raíces y tallos de las plantas de arroz.

Estudios de diversidad en la población de *Bacillus* proveniente del cultivo del arroz

La caracterización de la diversidad de 17 cepas de *Bacillus* spp. a través de marcadores RAPD, demostró que se forman grupos de dos y tres cepas con más del 70 % de similitud y las demás quedan aisladas. Las cepas de *B. thuringiensis* forman un grupo separado del resto de las cepas, que en sentido general muestran un alto grado de diversidad dentro de la población de *Bacillus* asociados al cultivo del arroz. Además, estas en las cepas de *B. thuringiensis* se demostró la presencia de cuatro determinantes de virulencia, *cyt K2*, *clo*, *nheA* y *hbl*, y hemólisis tipo β, lo que excluye a estas cepas de su posible uso en la agricultura considerando el riesgo potencial para la salud humana.

Identificación de aislados promisorios

La secuenciación del gen que codifica el ARN ribosómico 16S (ADNr16S) y su comparación con las bases de datos permitió ubicar dentro del género *Bacillus* a 21 cepas de arroz y seis de café. Por la complejidad taxonómica de este género

Tabla 1. Distribución de los aislados obtenidos a partir de diferentes cultivos

Cultivo	Cultivar	Localidad	Rizoféricos	Endófitos	Total
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) (71 aislados)	Iacuba 30	Instituto de Investigaciones de	11	13	24
	Perla de Cuba	Granos (IIG), Bauta, Artemisa	27	7	34
	J-104		7	-	7
	INCA-LP5		6	-	6
Maíz (<i>Zea maíz</i> L.) (48 aislados)	Híbrido P-7928	Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura	9	10	19
	Jibara	Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), La Habana	14	4	18
	Francisco Mejorado		6	5	11
Cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) (26 aislados)	Caturra amarillo	Finca El Dorado, Granma	10	-	10
	Caturra	Finca de pequeño agricultor, Quivicán, Artemisa	8	-	8
	Caturra rojo	Colección de Germoplasma de la Estación Café y Cacao, Baracoa, Guantánamo	8	-	8

Fuente: elaboración propia

es necesario para la identificación a nivel de especie emplear más de un gen. Se diseñó una pareja de nuevos cebadores para la amplificación de un fragmento del gen *gyrA* de este género, y se secuenciaron e identificaron a nivel de especie de cuatro cepas aisladas de cafeto.

Efecto de la aplicación de cepas seleccionadas en condiciones semicontroladas

Con el objetivo de probar la posible acción de las auxinas producidas por las bacterias, se determinó el efecto biológico de la concentración del AIA producido por dos cepas de *Bacillus* en semillas de arroz. Se observó un mayor crecimiento de las raíces secundarias con el tratamiento con las cepas RC9 y RCQ7 y la menor concentración de AIA (2 mg.mL⁻¹), lo que beneficia mucho más a la planta debido a que aumenta la superficie de absorción de nutrientes y la raíz puede explorar un mayor volumen de suelo. (3)

Se realizaron bioensayos en condiciones semicontroladas en cultivos de maíz, tomate y zanahoria como plantas modelo, lo que demostró a nivel de invernadero que las cepas ejercen efecto estimulador del crecimiento de las plantas de

maíz y tomate. En estos dos cultivos se obtuvieron los mayores efectos a nivel de la raíz, en la cual se muestran modificaciones en su arquitectura, resultado alentador por la función de esta en la toma de agua y nutrientes. (7) Estos resultados validan las potencialidades de las cepas para ser utilizadas en diversas plantas, lo que amplía la posible utilización del futuro bioproducto.

Propuesta de una metodología para la prospección, selección y caracterización de *Bacillus* de interés para la sostenibilidad agrícola

Este trabajo ha permitido proponer una metodología integral desde el aislamiento de las cepas, incluyendo su caracterización integral que permite la selección de las más promisorias, hasta los estudios de interacción planta-bacteria en condiciones semicontroladas para proponer cepas eficientes a este nivel y continuar los estudios de escalado y ensayos en campo (Anexo).

Este trabajo permite disponer de una colección microbiana nativa, caracterizada integralmente, eficiente en la promoción del crecimiento vegetal y con actividad antagonista de

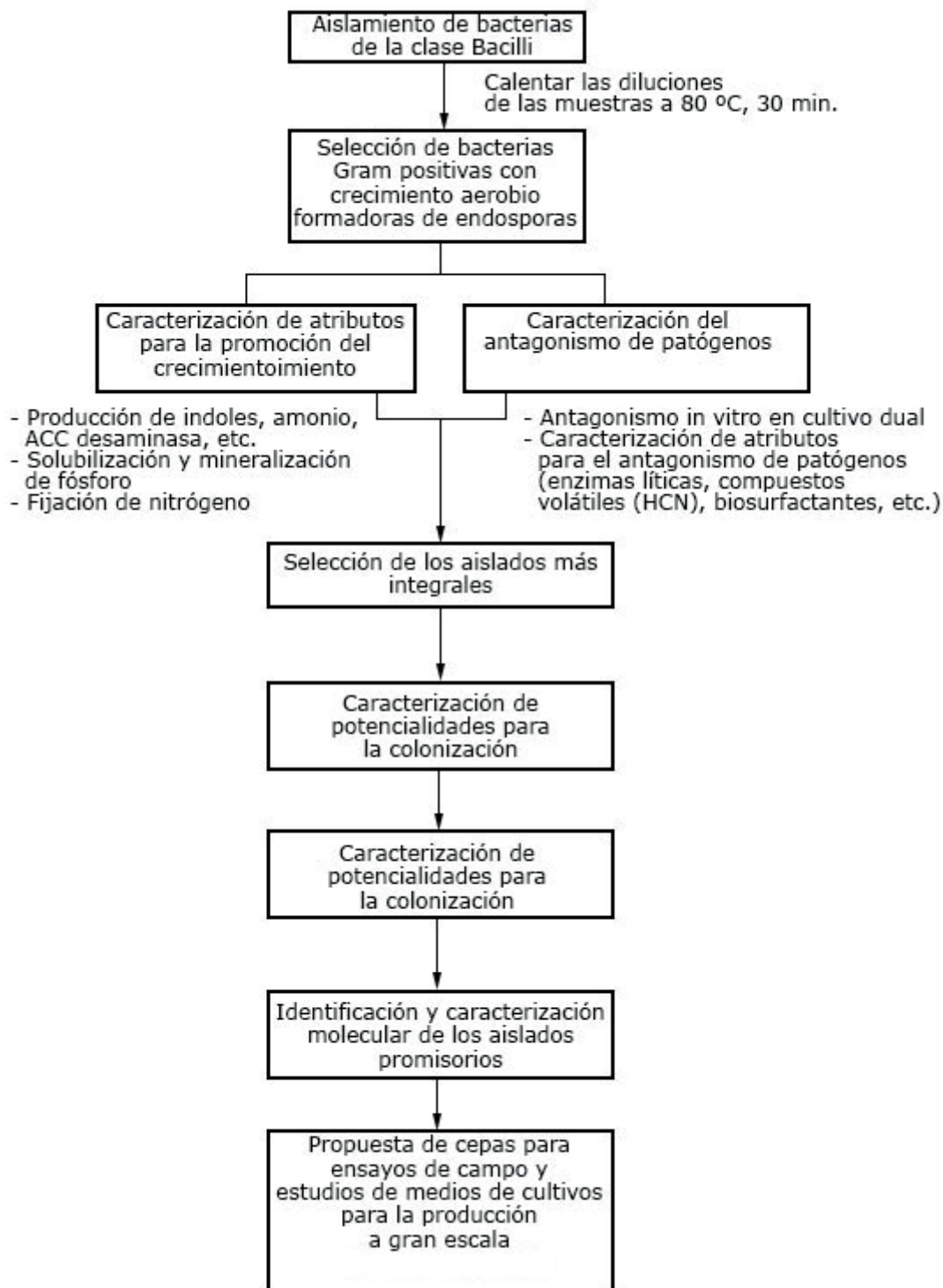
Tabla 2. Resumen de los atributos como promotoras del crecimiento y antagonistas de patógenos fúngicos de las cepas seleccionadas de Bacilli aisladas de diferentes cultivos

Atributos como promotoras del crecimiento											
Cepas	Indoles tipo AIA (mg. mL-1)	Solubilización de fósforo (índice a 7 días)			Amonio	ACCd	Enzimas fosfatasas (µmol.L-1.h-1)		Crecimiento en medio sin N	Solubilización de potasio (índice 10 días)	
		Ca-P	Al-P	Fe-P			ácidas	alcalinas			
RC9	6,51	1,53	2,50	2,50	+	+	84,18	2,84	+	1,33	
RC15	15,96	1,46	2,59	2,50	+	+	63,93	0,899	+	1,5	
RP12	10,19	1,50	1,56	1,16	+	-	167,9	0,40	+	ND	
RP20	9,22	1,28	1,37	1,16	+	+	47,22	3,54	+	ND	
RM5	17,03	1,66	1,00	1,66	+	+	21,46	2,02	+	0	
Atributos como antagonistas de patógenos											
	Proteasas	Glucanas	Quitinas	Amilas	HCN	Biosurfactantes	Antagonismo (% inhibición en cultivo dual)				
							Cc	Fc	Fi	Ab	Cf
RC9	+	+	ND	ND	ND	-	36,17	39,65	21,48	51,35	13,97
RC15	+	+	-	+	-	+	71,99	42,22	25,92	36,94	40,86
RP12	+	+	+	+	-	-	24,73	47,91	17,77	65,76	42,10
RP20	+	+	+	+	+	+	34,54	28,89	19,25	38,73	17,51
RM5	+	+	-	+	+	-	39,46	27,40	17,77	41,44	0

Cc: *Corynespora cassicola*, Fc: *F. chlamydosporum*, Fi: *F. incarnatum*, Ab: *A. brassicicola*, Cf: *Cladosporium fulvum*, HCN: cianuro de hidrógeno, ND: no determinado. Fuente: elaboración propia.

patógenos que afectan a cultivos de importancia económica, que constituyen la base para la obtención de nuevos bioproductos, cuyo uso permitiría disminuir la aplicación de químicos

en la agricultura, con un impacto positivo en la producción de alimentos y la protección del medioambiente.



Anexo. Metodología propuesta para la prospección y caracterización de *Bacillus* de interés para la sostenibilidad agrícola.
Fuente: elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rojas MM, Tejera B, Bosch DM, Ríos Y, Rodríguez J, Heydrich M. Potencialidades de cepas de *Bacillus* para la promoción del crecimiento en el cultivo del *Zea mays* L. Cuban Journal of Agricultural Science. 2016;50(3):485-96.
2. Rojas MM, Hernández A, Rives N, Tejera B, Acebo Y, Heydrich M. Producción de un antisuero para la detección de ácido indoalécico en cultivos de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Acta Biológica Colombiana. 2012;17(2):271-80.
3. Sánchez D, González L, del Monte-Martínez A, Rojas MM. Factibilidad biológica del uso de cepas de Bacilli productoras de ácido 3 indolacético en el crecimiento in vitro del cultivo del arroz. Rev Cub de Ciencias Biológicas. 2019;7(1):1-10.
4. Rojas MM, Rodríguez AJ, González L, Heydrich M. Influencia de diferentes factores en el crecimiento de bacterias endófitas de caña de azúcar. Revista Colombiana de Biotecnología. 2015;XVII(2):149-55.
5. Rojas MM, Tejera B, Larrea JA, Mahillon J, Heydrich M. Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Rev. Bras. de Agroecología. 2011;6(1):90-9.
6. Rojas MM, Sánchez D, Rosales K, Lugo D. Antagonismo de *Bacillus* frente a hongos fitopatógenos de cultivos hortícolas. Rev. Protección Veg. 2017;32(2):1-9.
7. Rojas MM, Bello MA, Ríos Y, Lugo D, Rodríguez J. Estimulación del crecimiento de cultivos de interés económico por cepas de *Bacillus*. Acta Agronómica. 2020;69(1):54-60.
8. Tejera B, Heydrich M, Rojas MM. Aislamiento de *Bacillus* solubilizadores de fosfatos asociados al cultivo del arroz. Agronomía Mesoamericana. 2013;24(2):357-64.
9. Tejera B, Heydrich M, Rojas MM. Antagonismo de *Bacillus* sp. contra hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Rev Protección Vegetal. 2012;27(2):117-22.

Recibido: 03/06/2021
Aprobado: 15/08/2021

Agradecimientos

A Janet Rodríguez Sánchez, Jeny Adina Larrea Murrell, Anar Janet Rodríguez Cheang, Jacques Mahillon, Alberto del Monte Martínez, Annia Hernández Rodríguez, Narovis Rives Rodríguez, Miguel A. Bello González, Yanelis Acebo Guerrero, Marisel Ortega García,

Mondher El Haziri y los estudiantes involucrados en el trabajo por su colaboración.

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses en relación con la investigación presentada.

Contribución de autoría

Conceptualización: Marcia M. Rojas Badía, Mayra Heydrich Pérez
Curación de datos: Marcia M. Rojas Badía, Daymara Sánchez Castro, Berto Tejera Hernández, Yoania Ríos Rocafull
Análisis formal: Marcia M. Rojas Badía, Mayra Heydrich Pérez
Adquisición de fondos: Marcia M. Rojas Badía, Yoania Ríos Rocafull, Investigación: Marcia M. Rojas Badía, Daymara Sánchez Castro, Berto Tejera Hernández, Yoania Ríos Rocafull, Daysi Lugo Moya
Metodología: Marcia M. Rojas Badía, Daymara Sánchez Castro, Berto Tejera Hernández, Daysi Lugo Moya
Administración del proyecto: Marcia M. Rojas Badía, Yoania Ríos Rocafull-Recursos: Marcia M. Rojas Badía, Yoania Ríos Rocafull
Supervisión: Marcia M. Rojas Badía, Mayra Heydrich Pérez
Visualización: Marcia M. Rojas Badía, Mayra Heydrich Pérez, Daymara Sánchez Castro, Berto Tejera Hernández, Yoania Ríos Rocafull, Daysi Lugo Moya
Redacción-borrador original: Marcia M. Rojas Badía
Redacción-revisión y edición: Marcia M. Rojas Badía, Mayra Heydrich Pérez, Daymara Sánchez Castro, Berto Tejera Hernández, Yoania Ríos Rocafull, Daysi Lugo Moya

Financiación

La investigación estuvo financiada por los proyectos de los Programas Nacionales de Ciencias Básicas, Recursos Naturales y Alimento Humano del CITMA, Cuba y proyecto de la Región de Valonia, Bélgica.

Cómo citar este artículo

Rojas Badía MM, Heydrich Pérez M, Sánchez Castro D, Tejera Hernández B et al. Bacterias del género *Bacillus* con potencialidades para la sostenibilidad agrícola en Cuba. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba [internet] 2021[citado en día, mes y año];11(3): e1067. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1067>

