



# EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL PGPR, APLICADAS A CULTIVO DE PAPA EN CONDICIONES DE INVERNADERO



Presentado por:

Daniela Alejandra Moreno Benavides

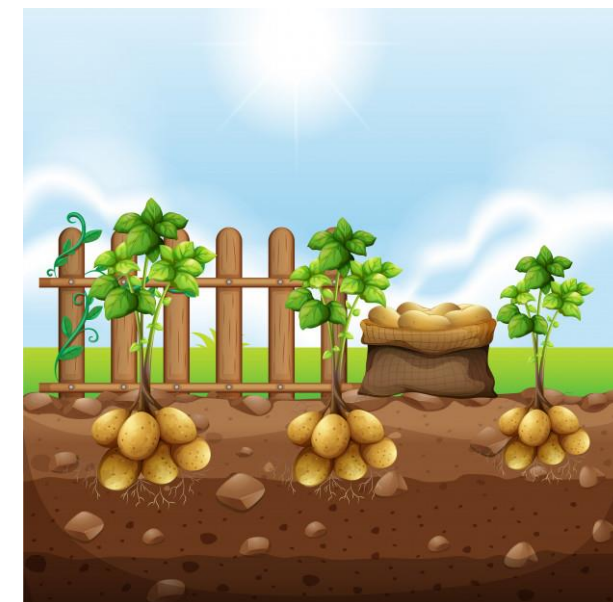
María Fernanda Moreno Londoño

**Asesor externo:**

PhD. Nancy Castillo Orjuela

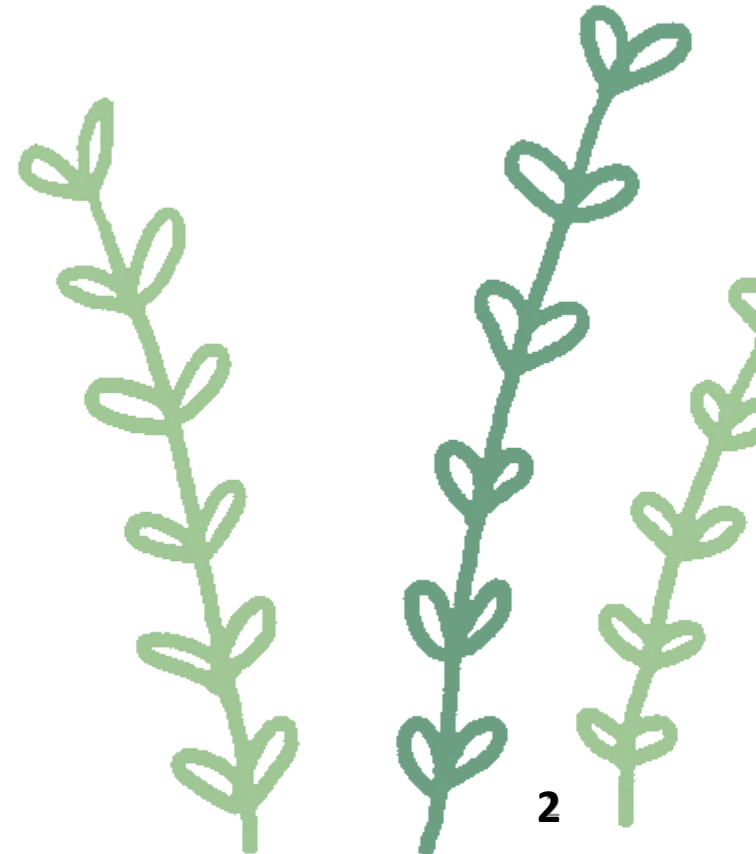
**Asesor interno:**

PhD. Martha Lucía Posada Buitrago



# CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN
- ANTECEDENTES
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- AGRADECIMIENTOS





# INTRODUCCIÓN



# Solanum tuberosum



<https://image.slidesharecdn.com/pgprbye-181009173637/95/pgpr-plant-growth-promoting-rhizobacteria-1-638.jpg?cb=1539106704>



<https://zoovetespasion.com/wp-content/uploads/2018/02/fertilizantes-quimicos-816x542-731x486.png>

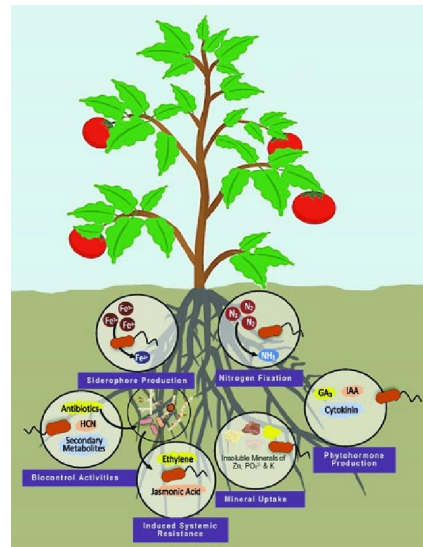
Reducir impacto económico por aplicación de altas cantidades de fertilizantes químicos.



<https://www.sinavimo.gov.ar/sites/default/files/cultivo/imagenes/potato-farming.jpg>

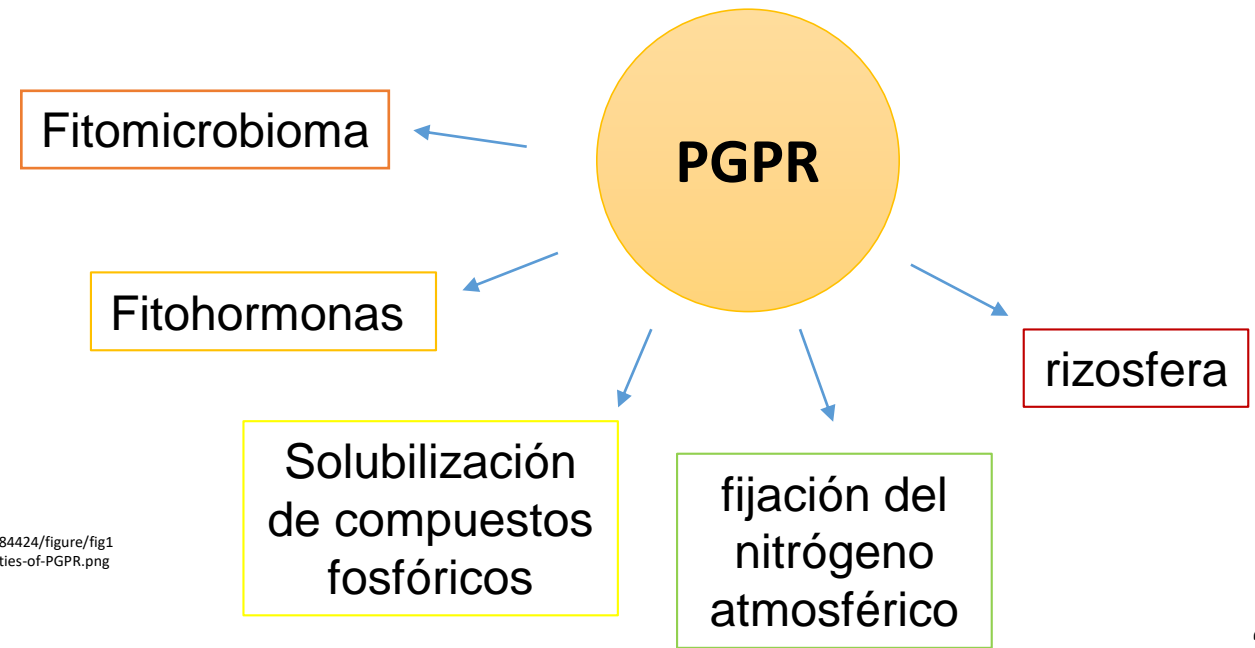


[https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Gonzalez-Minero/publication/326186408/figure/fig2/AS:644665346883592@1530711604880/Solanum-tuberosum-L-Atlas-des-plantas-de-France-1891-The-Plant-List-Google-Dominio.png](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Gonzalez-Minero/publication/326186408/figure/fig2/AS:644665346883592@1530711604880/Solanum-tuberosum-L-Atlas-des-plantas-de-France-1891-The-Plant-List-Google-Dominio.png)



[https://www.researchgate.net/profile/Naveen\\_Arora5/publication/329484424/figure/fig1/AS:709152838004736@1546086620273/Plant-growth-promoting-activities-of-PGPR.png](https://www.researchgate.net/profile/Naveen_Arora5/publication/329484424/figure/fig1/AS:709152838004736@1546086620273/Plant-growth-promoting-activities-of-PGPR.png)

Kloepper y Schroth (1978)



# CULTIVOS DE *Solanum tuberosum*

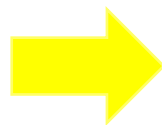
*Solanum tuberosum*  
y *Solanum phureja*  
solanáceas de  
importancia  
económica en el país

Restrepo S.  
(2010)



<https://www.arcgis.com/sharing/rest/content/items/dd951fe0c7f94d9ca552f5300e69abae/resources/1571722548564.jpeg?w=1600>

Anuario Estadístico del  
Sector Agropecuario y  
Pesquero (2002-2009)



**Aumentó su rendimiento:** fríjol,  
hortalizas y banano.  
Uno de los cultivos con **mayor  
producción en toneladas:** Maíz y  
caña de azúcar.



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/FAO\\_logo.svg/1200px-FAO\\_logo.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/FAO_logo.svg/1200px-FAO_logo.svg.png)

Valor nutricional  
Economía  
Sustento familia

Este cultivo contribuye a el  
desarrollo del país de tres  
modos.  
**Cárdenas J y Vallejo L (2008)**



fedepapa

FEDERACIÓN COLOMBIANA  
DE PRODUCTORES DE PAPA

2015

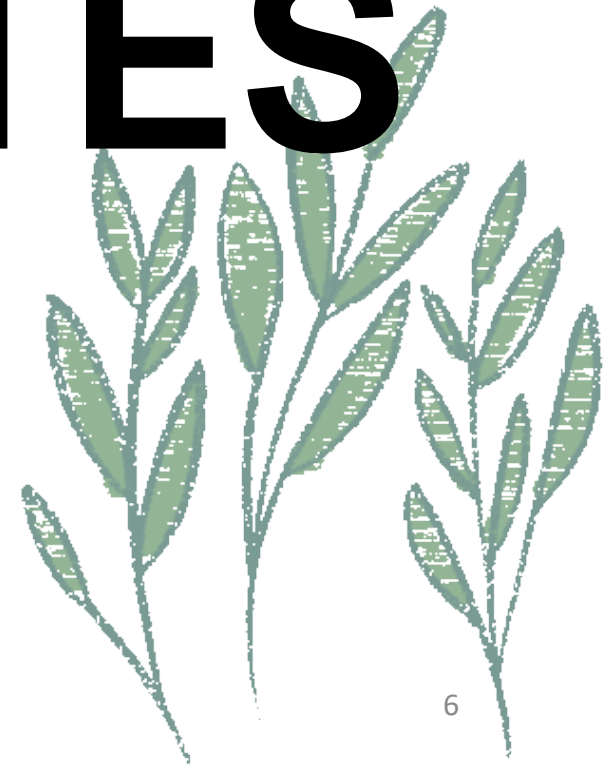


<https://c8.alamy.com/compes/m0nd3x/letras-npk-de-fertilizantes-minerales-sobre-el-fondo-blanco-n-nitrogeno-fosforo-p-k-de-potasio-kalium-m0nd3x.jpg>





# ANTECEDENTES



**2006**

A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake

**Revista:** Facultad Nacional de Agronomía Medellín

**Autor:** Nelson Walter Osorio Vega

**2011**

A Simple and Rapid Plate Assay for the Screening of Indole-3-acetic Acid (IAA) Producing Microorganisms

**Revista:** International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology

**Autores:** . Shrivastava U, Kumar A.

**2007**

Establishment of *Azotobacter* on plant roots: chemotactic response, development and analysis of root exudates of cotton (*Gossypium hirsutum L.*) and wheat (*Triticum aestivum L.*)

**Revista:** Journal of Basic microbiology

**Autores:** Kumar R , Bhatia R , Kukreja K , Behl RK , Dudeja SS , Narula N.

**2018**

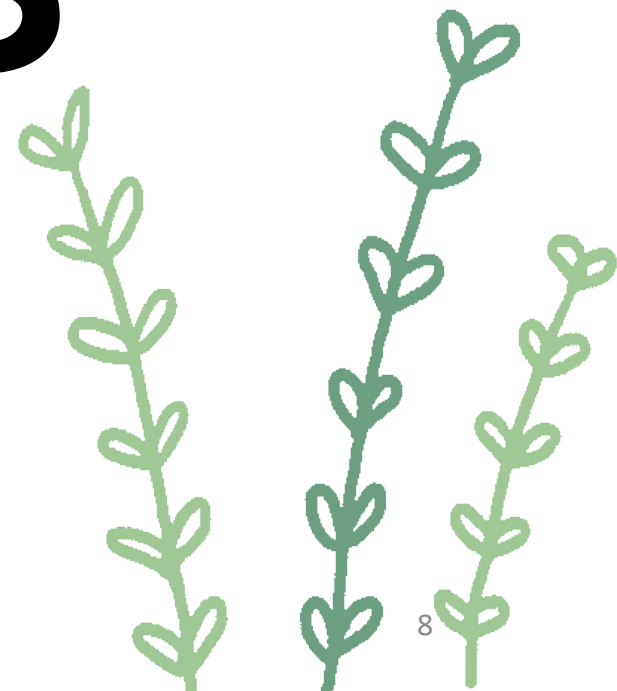
*Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation

**Revista:** AMB Express

**Autores:** Fukami J, Cerezini P, Hungria M.



# OBJETIVOS





# OBJETIVO GENERAL

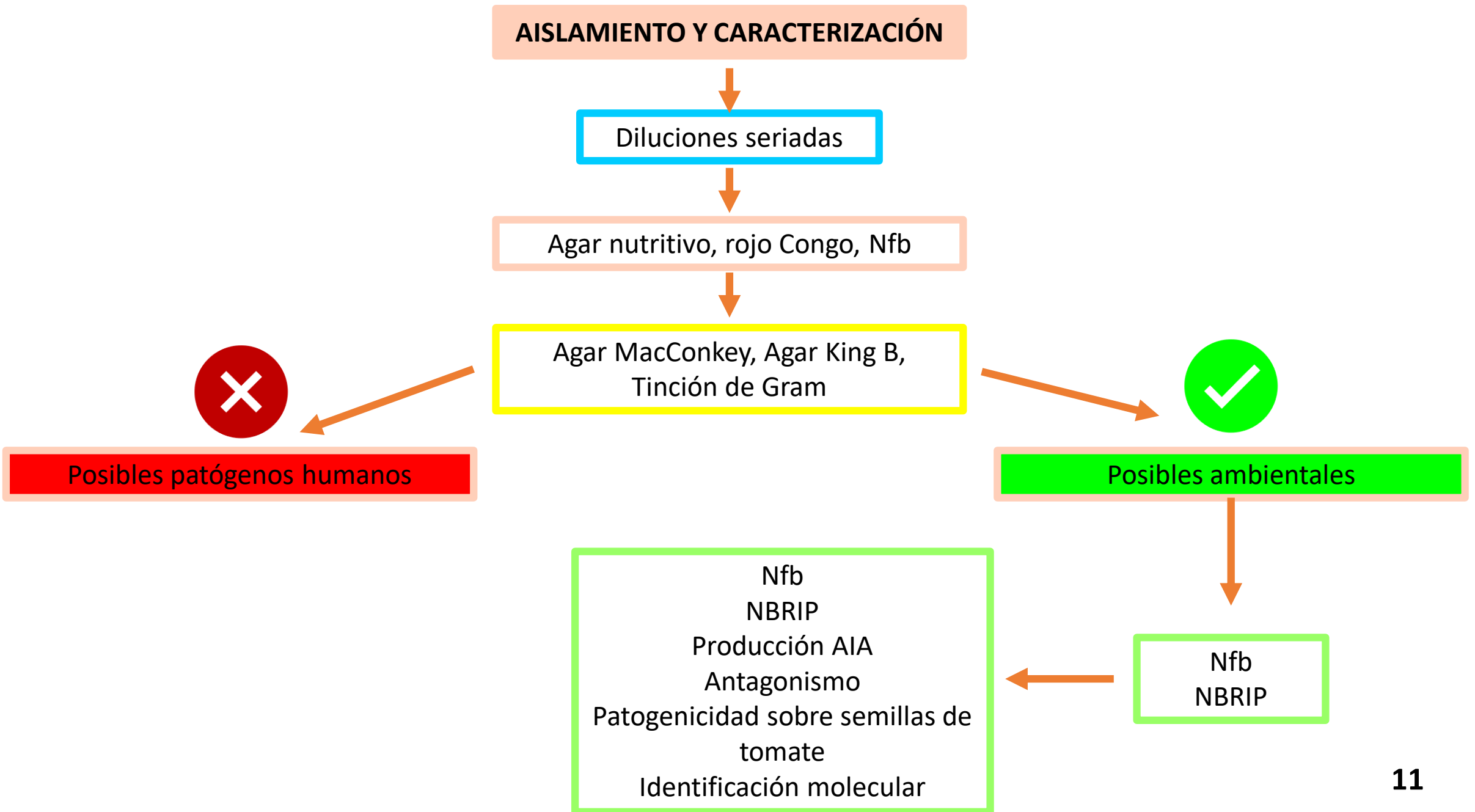
Evaluar microorganismos nativos con potencial promotor de crecimiento vegetal sobre el desarrollo de plantas de papa en invernadero.

## Objetivos Específicos

- Aislar de la rizosfera de plantas de papa, en suelos poco intervenidos, microorganismos con potencial promotor de crecimiento vegetal.
- Determinar *in vitro* algunos mecanismos de promoción de crecimiento vegetal como la degradación de fósforo insoluble, fijación de nitrógeno atmosférico o producción de ácido Indol acético, por parte de los microorganismos aislados.
- Evaluar el efecto promotor de crecimiento vegetal de los microorganismos seleccionados sobre el desarrollo de plantas de papa en condiciones de invernadero.

# DISEÑO METODOLÓGICO



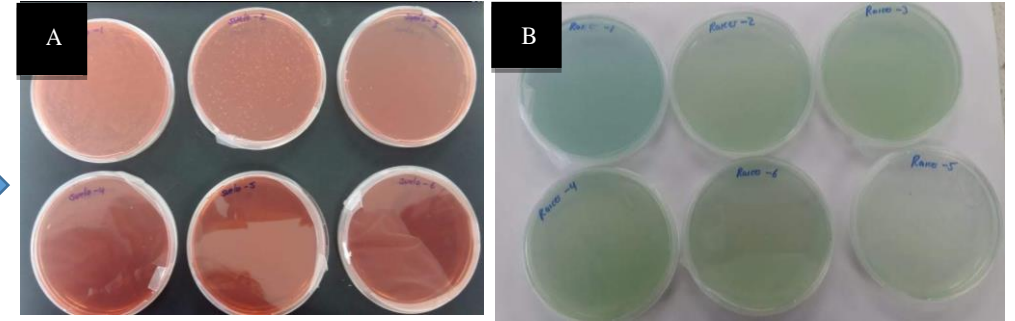
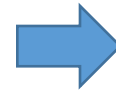
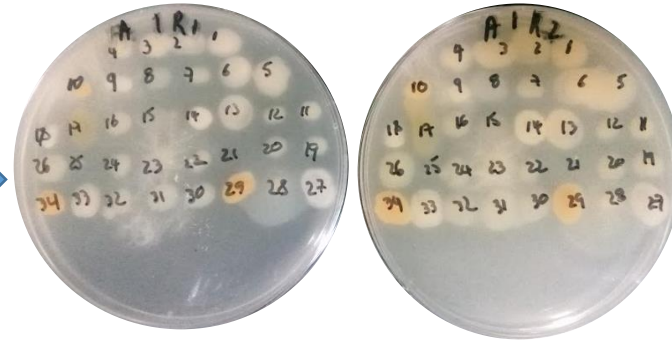
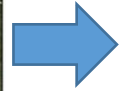






# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MICROBIANOS

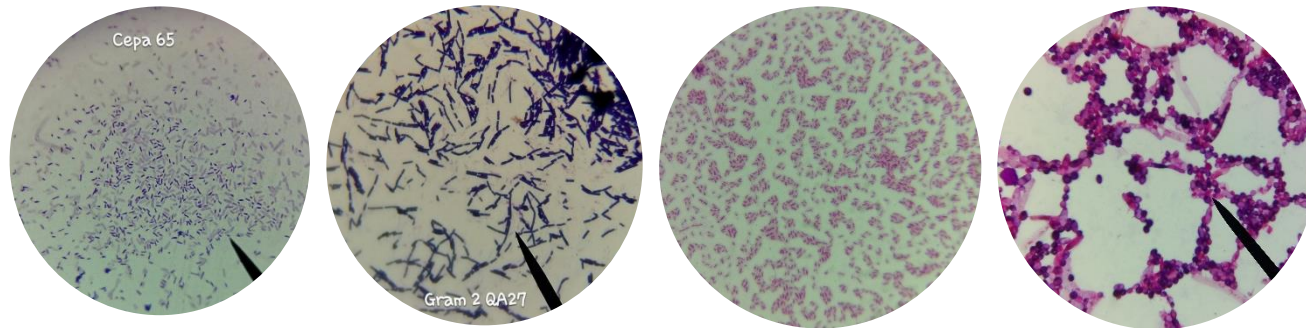


Las muestras de suelo fueron tomadas en la localidad de Ciudad Bolívar, en la Vereda Quiba Alta

Aislamiento de microorganismos en Agar nutritivo a partir de suelos poco intervenidos

Diluciones seriadas para aislamiento en medio Rojo Congo (A), y diluciones seriadas para aislamiento en medio Nfb (B)

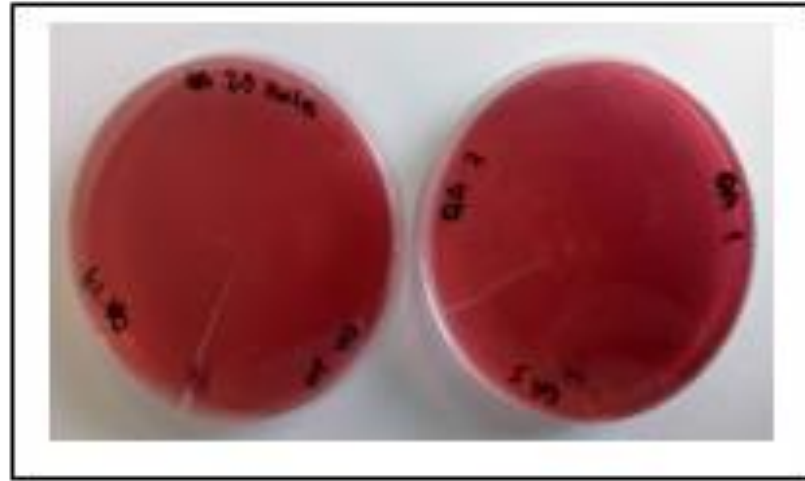
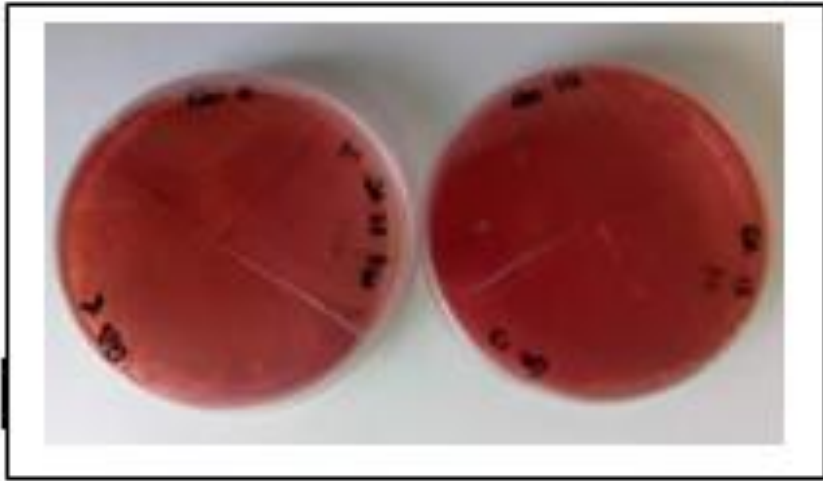
Muñoz 2017



Tinción de Gram de algunas de los aislamientos

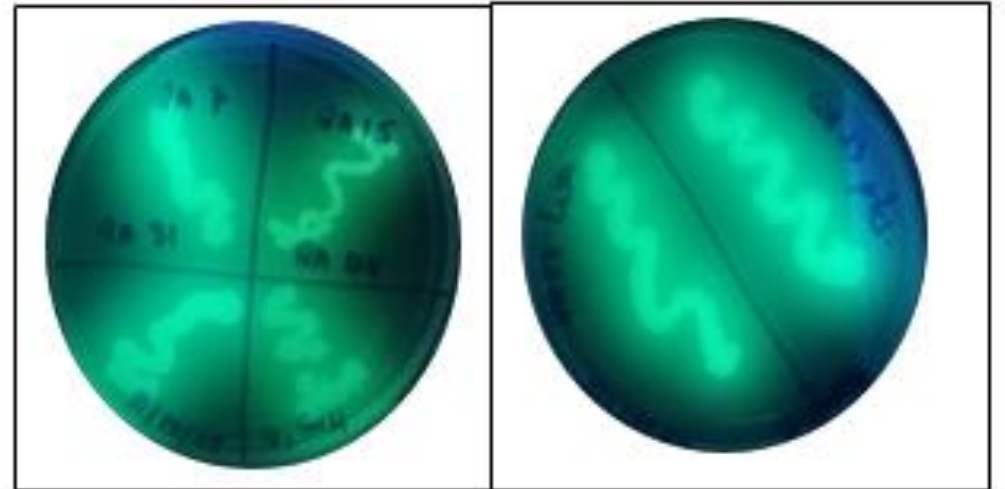
**95 Aislamientos en total**





Cultivos bacterianos en Agar MacConkey

Cepas bacterianas con crecimiento y fluorescencia positivos en Agar King B



# DETERMINACIÓN DE MECANISMOS PGPR

Determinación cualitativa de los procesos bioquímicos de las bacterias en los medios NFb para fijación de nitrógeno atmosférico, y NBRIP-BPB para fósforo inorgánico

Se seleccionaron 4 que, en principio, no parecen tener metabolismos asociados a patogenicidad para humanos y su desarrollo es mejor en temperaturas entre 17 y 21°C

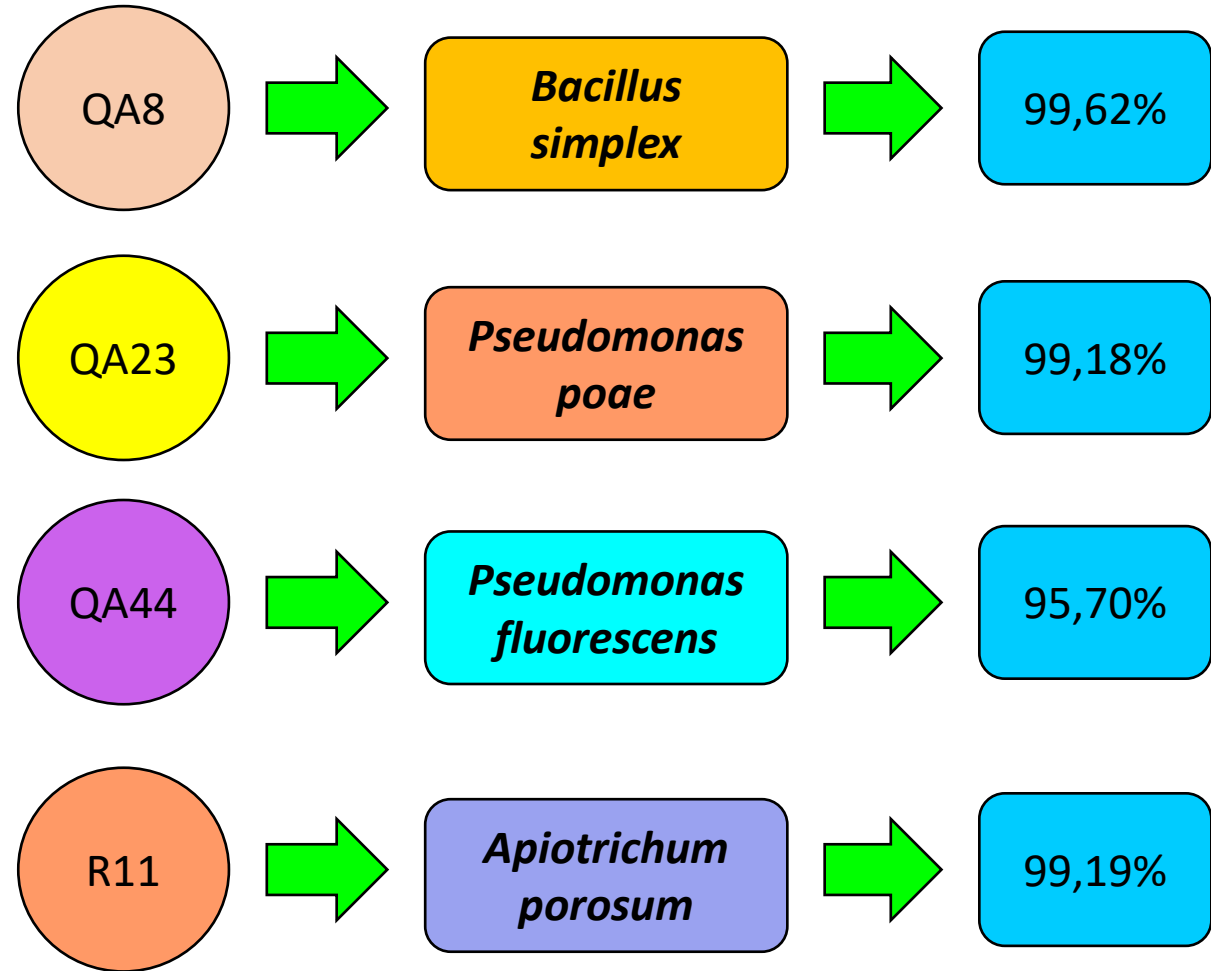
CEPA	NFb	NBRIP
QA 1	++	Negativo
QA 4	-	Negativo
QA 5	+	Negativo
QA 7	++	Positivo
QA 8	++	Positivo
QA 9	+	Negativo
QA 13	+	Negativo
QA 15	++	Positivo
QA 17	-	Negativo
QA 23 LISA	++	Positivo
QA 23 PUNTOS	++	Positivo
QA 24	++	Positivo
QA 27	-	
QA 28	+	Positivo
QA 31	+	Negativo
QA 42	++	Positivo
QA 43	-	Positivo
QA 44	++	Positivo
R1	++	//
R2	++	//
R11	++	//
R15	++	//

Interpretación de medio NFb expresado en cruces: (++) : Azul fuerte, (+) : Azul claro, (-) : Verde

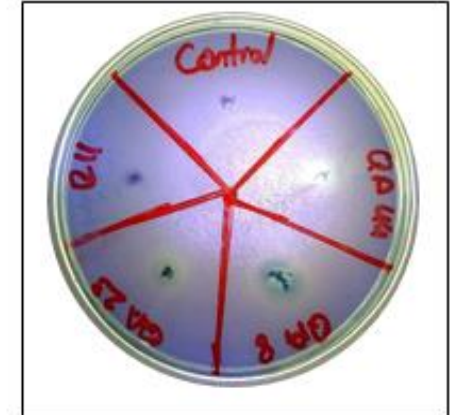
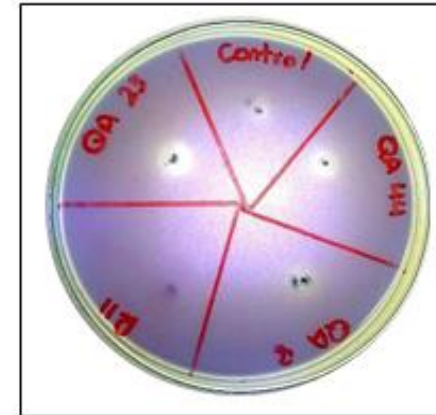
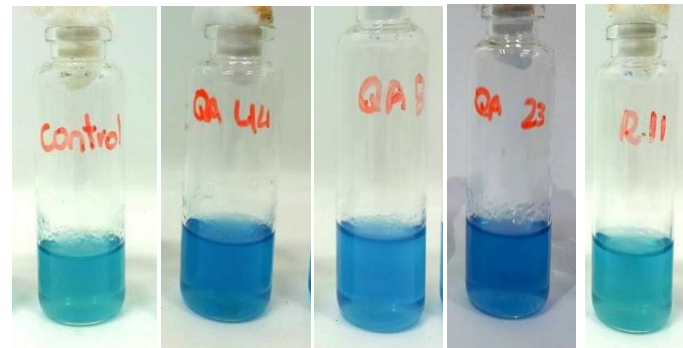
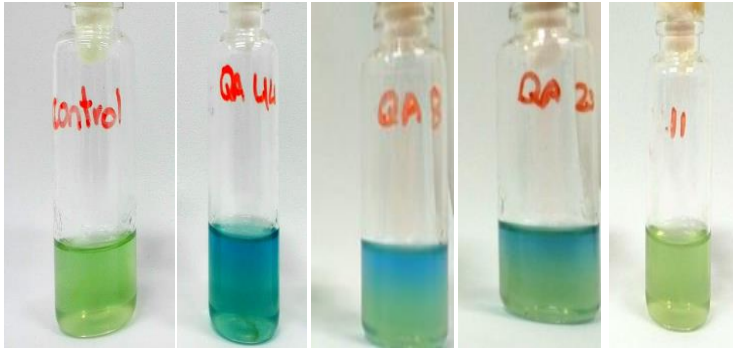
# IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE LAS CEPAS AISLADAS

De los aislamientos inicialmente obtenidos, se seleccionaron 4 para identificación molecular

Se amplio la región 16S de las bacterias y la región ITS de la cepa R11 compatible con una levadura.



# REPETICIÓN DE LAS PRUEBAS EN MEDIOS NBRIP-BPB Y NFb



Día 14	CONTROL	+	+
	R11	++	++
	QA44	++	++
	QA23	++	++
	QA8	++	++

Día 14	CONTROL	1,7	1,1
	R11	Sin halo	Sin halo
	QA44	1,1	1,7
	QA23	1,3	1,3
	QA8	1,2	0,7

Holguin (2003)

Orozco y Martinez  
(2009)

Perez C. (2014)

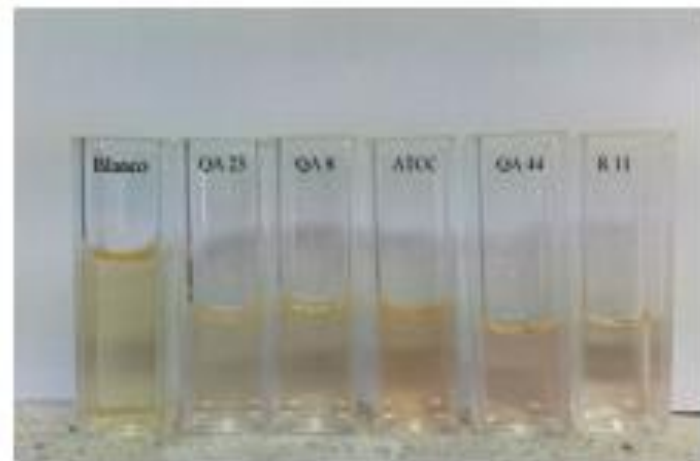
Paredes y Espinosa  
(2010)

Beltrán M. (2014)

Sarabia M (2018)

# ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN CON PRUEBAS ESPECÍFICAS DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO INDOL ACÉTICO O AIA.

CEPA	µg/ml o PPM
R11	12,58
QA8	17,55
QA23	90.92
QA44	61,07
ATCC	30,61



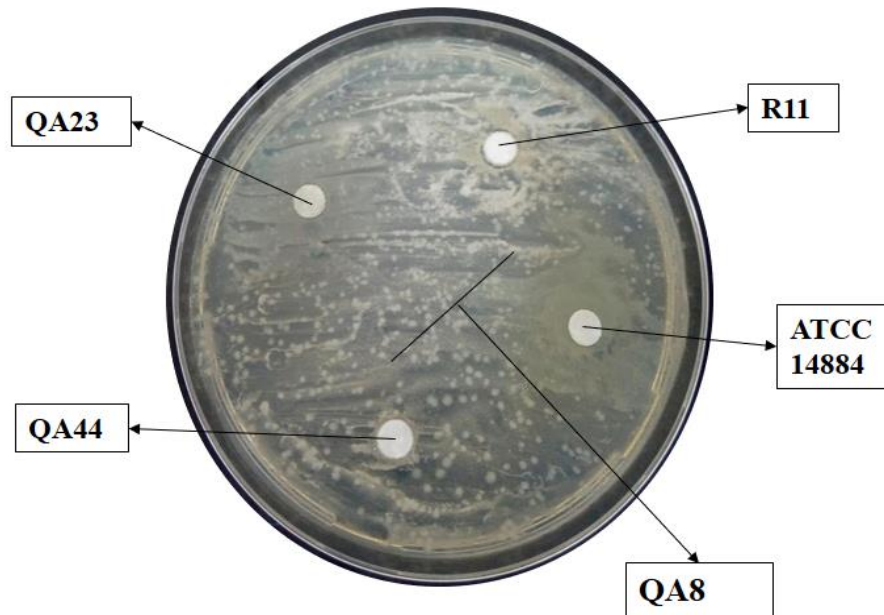
Flórez J. (2017) 7,62 y 25,6 µg mL<sup>-1</sup>

Hassen A y Labuschagne (2010) 28,0 ppm

Pei-Feng S. et al (2014)

Deepak K y Satyavir S (2011), 10,2 a 31,2 µg ml<sup>-1</sup>, aumentaron conforme pasaban los días, 22,2 µg mL<sup>-1</sup> a 40,6 µg mL<sup>-1</sup> ( 4 días de incubación).

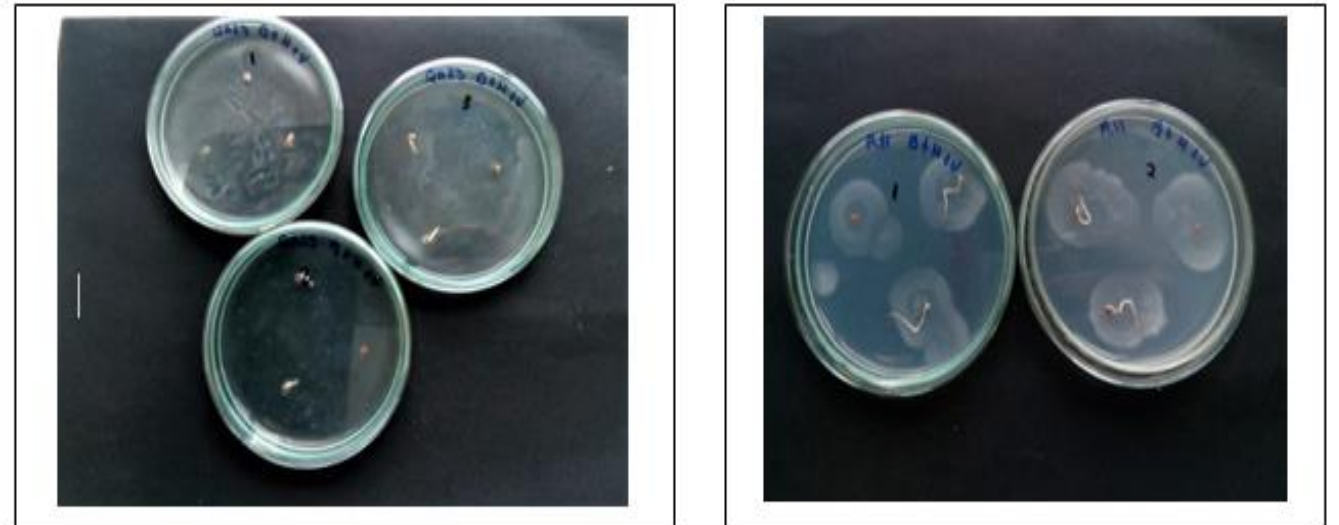
## ANTAGONISMO



Las cuatro cepas en estudio QA8, QA23, QA44 y, R11 no ejercen inhibición de crecimiento entre ellas

Ferrari en 2007

## DETERMINACIÓN DE PATOGENICIDAD EN SEMILLAS DE TOMATE



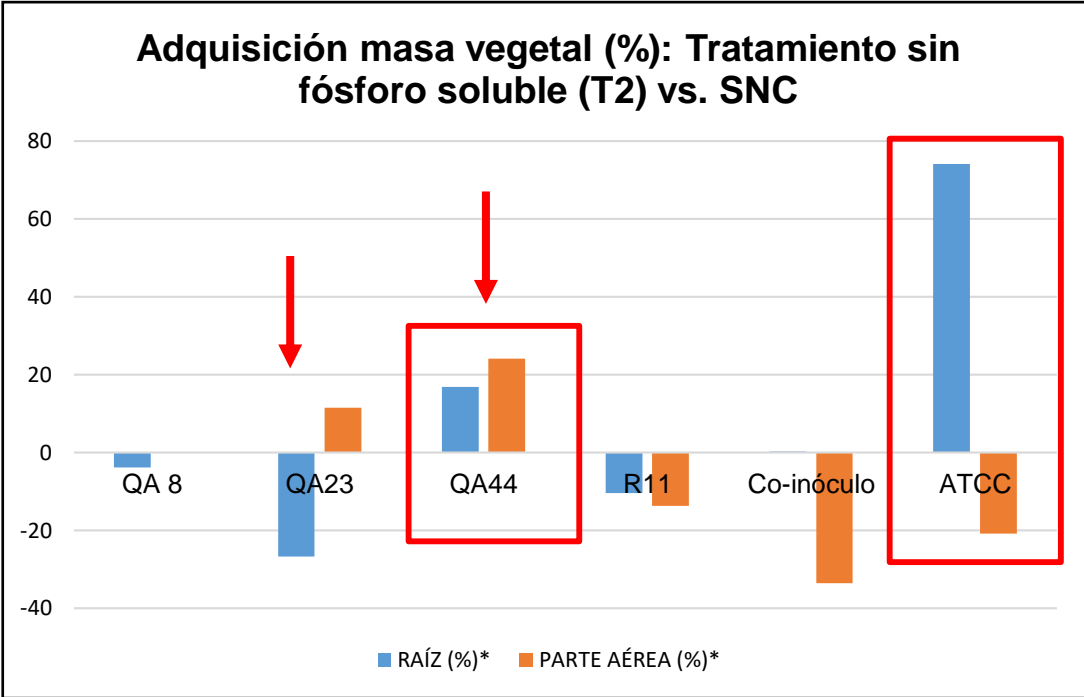
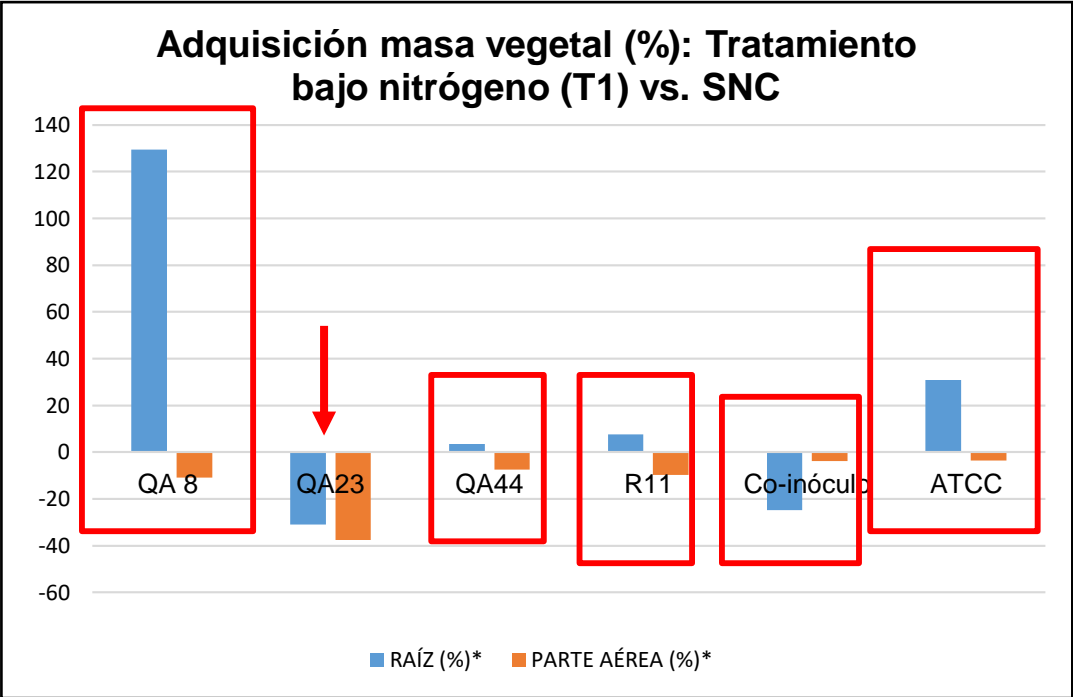
Las semillas no muestran ningún tipo de podredumbre húmeda, manchas ó pecas, signos característicos de daño por patogenicidad en semillas y raíces.

Navarrete 2014

Moreno *et al* 2018

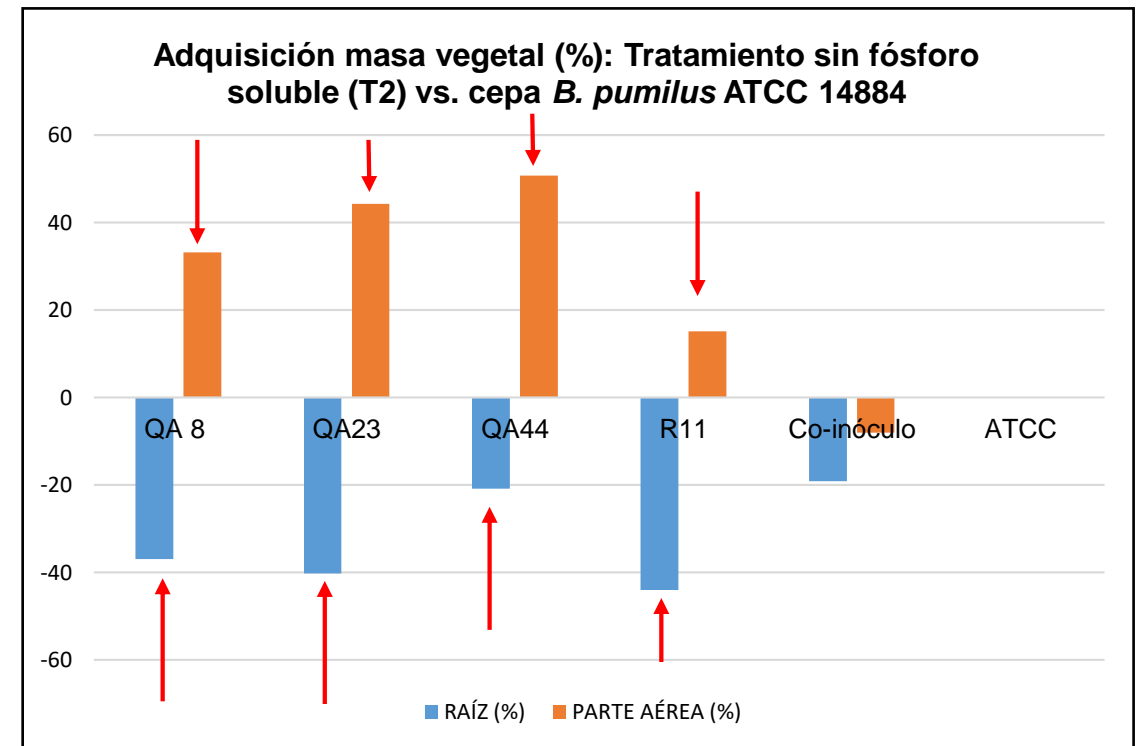
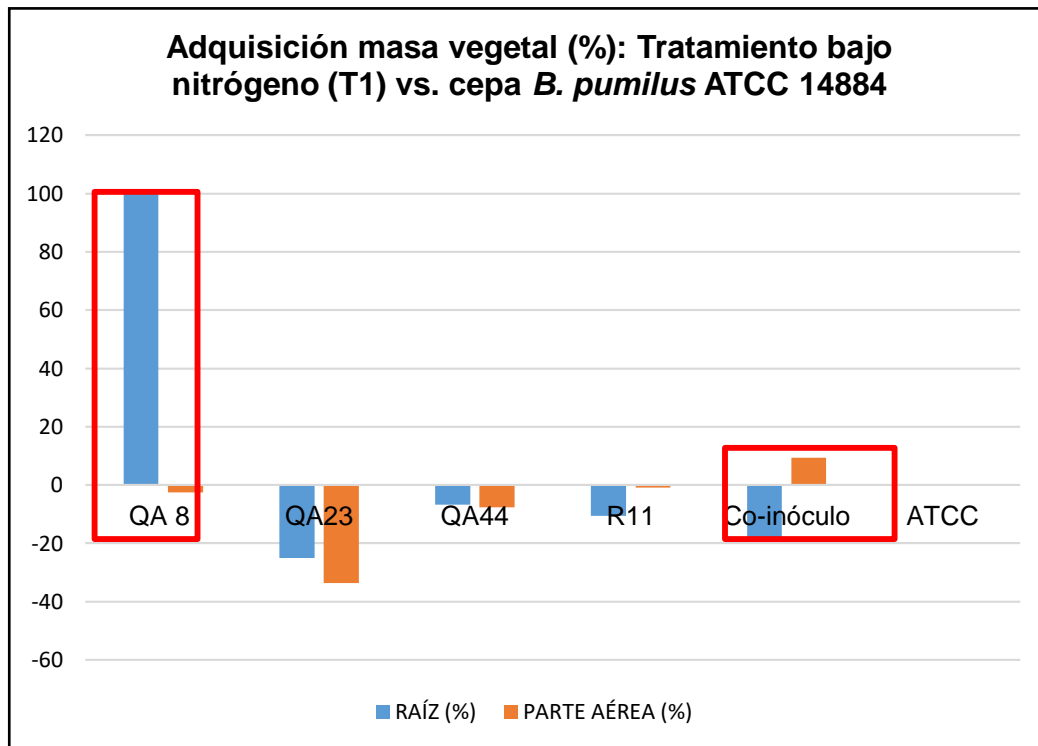


# Determinación del efecto promotor de crecimiento en plantas de papa en condiciones de invernadero

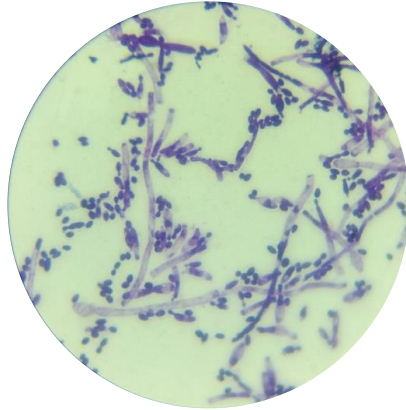


Barrera 1998

## Comparación de masa vegetal adquirida entre las cepas seleccionadas y la cepa control *B. pumilus* ATCC 14884



Dawwam *et al* 2013

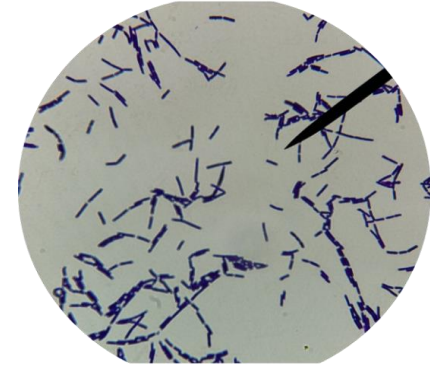
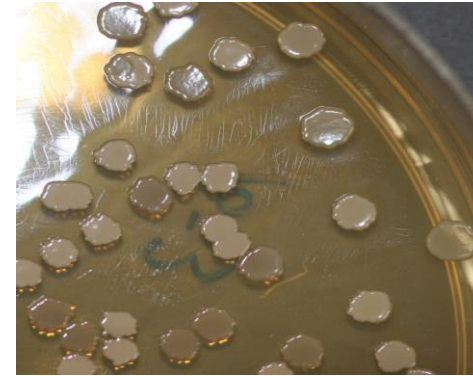


## Apiotrichum porosum

James *et al.* (2016)

<https://www.jcm.riken.jp/JCM/img/JCM1458A.jpg>

## Bacillus simplex

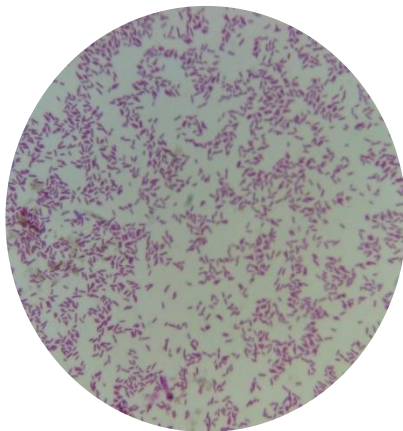


[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Bacillus\\_subtilis\\_colonies.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Bacillus_subtilis_colonies.jpg)

Celandroni *et al* 2016

Erguven G y Yildirim 2016

## Pseudomonas sp.



Mayz *et al.* (2017)

Dorjey *et al.* (2017 )

[https://lh3.googleusercontent.com/proxy/-ymRGIP1mbDvRvKeQzXniluL\\_4fVDpKbYIys0\\_Ozh6q1TeoGO\\_AxdtcDt-cbeVx6svMpJ49A-8vRUKUgDpMjP4VDCMW8e3qFTOOTff3ocepUrw\\_IRadEIEJ\\_I07EN5eNRQKIIZG6YPrfMio1\\_K-hrNNGtVjREJgPhG0Q](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/-ymRGIP1mbDvRvKeQzXniluL_4fVDpKbYIys0_Ozh6q1TeoGO_AxdtcDt-cbeVx6svMpJ49A-8vRUKUgDpMjP4VDCMW8e3qFTOOTff3ocepUrw_IRadEIEJ_I07EN5eNRQKIIZG6YPrfMio1_K-hrNNGtVjREJgPhG0Q)

# CONCLUSIONES



1

- A partir de suelos naturales poco intervenidos de rizosfera y raíz de papa se aislaron 95 cepas, de las cuales se seleccionaron inicialmente 22 para los estudios de promoción del crecimiento vegetal.

2

- De las 22 cepas microbianas, se seleccionaron tres cepas bacterianas (QA8, QA23 y QA44) y una levadura (R11), que en condiciones de laboratorio, demostraron capacidad para mineralizar el nitrógeno, solubilizar fósforo inorgánico y producir fitohormonas tipo ácido indol acético.

3

- Las cepas estudiadas fueron identificadas molecularmente como QA8 ***Bacillus simplex***, QA23 ***Pseudomonas poae***, QA44 ***Pseudomonas fluorescens*** y R11 ***Apiotrichum porosum***.

4

- Las cepas QA44, QA8 y QA23 demuestran una rápida mineralización del nitrógeno, así como solubilización de fosfato de forma eficiente en condiciones *in vitro*.

5

- Las cepas QA23 y QA44 producen mayor cantidad de ácido indol acético, con respecto a la cepa control *B. pumilus* ATCC 14884, en condiciones *in vitro*

6

- Ninguna de las cuatro cepas estudiadas ocasiona efectos nocivos sobre semillas de tomate y permiten su germinación.

7

- Las cepas QA23, R11, y el co-inóculo tienen una baja eficiencia en cuanto a mejorar la disponibilidad del nitrógeno o el fósforo en el suelo.

8

- La cepa QA8 proporciona principalmente un buen desarrollo radicular de las plantas de papa, al igual que la cepa control *B. pumilus* ATCC 14884.

9

- La cepa QA44 *P. fluorescens* permite la adquisición de masa vegetal similar en suelos sin adición de nitrógeno o de fósforo soluble, a la que las plantas adquieren con una solución nutritiva completa.





# RECOMENDACIONES



El presente proyecto de investigación es una aproximación a la caracterización de algunas cepas microbianas como posibles organismos promotores de crecimiento vegetal de plantas de papa.

Los resultados preliminares demuestran que 3 de las cepas estudiadas (QA8, QA23 y QA44) presentan rasgos que inducen a realizar estudios más amplios con estas, para determinar si verdaderamente son rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal.

Proponemos ensayos con sustrato inerte con dosificación de nutrientes mas controlada, de modo que permita ver si efectivamente contribuyen a convertir el nitrógeno y el fósforo en formas mas asimilables por las plantas de papa.

Es importante determinar los factores que inducen a estas cepas a producir auxinas, y si estas fitohormonas tienen la capacidad de ejercer un efecto directo sobre el desarrollo de las plantas de papa.

Se debe tener en cuenta que en condiciones naturales los microorganismos sufren la influencia de diversos factores ambientales, químicos y biológicos, ejercidos por la presencia de otros microorganismos de la rizosfera, por lo cual, se deben realizar ensayos en campo para determinar la acción de las cepas seleccionadas. Así como determinar la dosificación más adecuada para la inoculación del suelo con estas cepas.

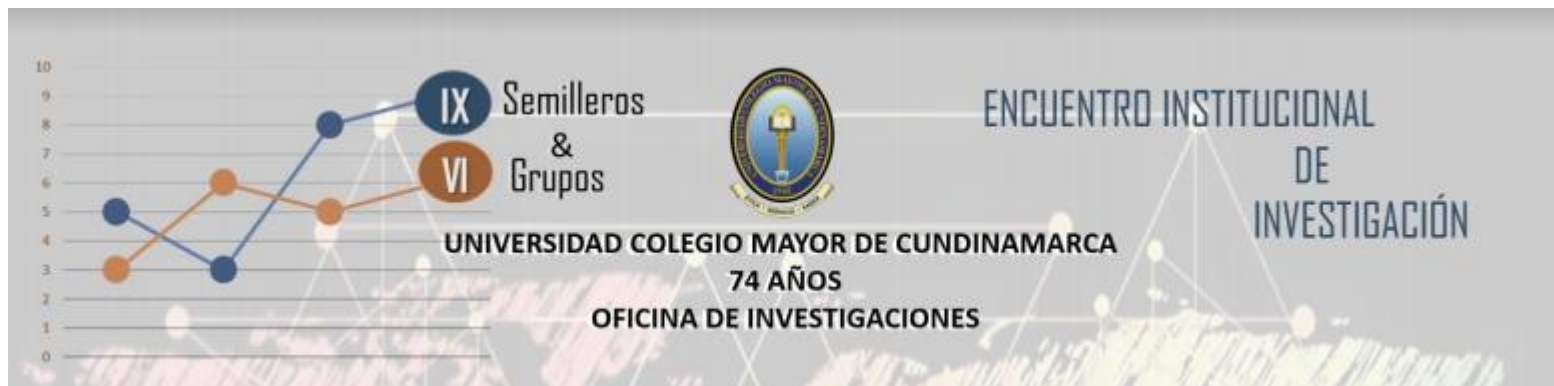
Con respecto a la cepa R11, si bien no presentó un efecto positivo sobre el desarrollo de las plantas de papa, si es importante determinar que aplicaciones puede tener este microorganismo y enfocar estudios futuros a su posible aprovechamiento biotecnológico.

# AGRADECIMIENTOS



- A todas las personas que hicieron posible este trabajo.
- A nuestras asesoras: Martha Lucía Posada-Buitrago y Nancy Castillo Orjuela, porque sin su conocimiento y guía, no sería posible este trabajo, agradecemos su dedicación y paciencia para hacernos mejores en nuestra profesión.
- A la docente Yuly Elien Bernal por brindarnos asesoría y espacios para poder desarrollar nuestro trabajo de investigación.
- A la Universidad Antonio Nariño, por abrir sus puertas y brindarnos el apoyo para realizar esta investigación.
- A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Este trabajo fue socializado previamente en eventos de investigación





# Bibliografía

1. Efred Venancio RC, Bonilla B, Aguilar M. Interacciones entre Plantas y Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal. Revista CITECSA [Internet] 2018 [Citado el 4 de abril de 2019];10(15):23-31. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/results/4FAB91BC570148BAPQ/1?accountid=50438>
2. Edison David Tabares Patiño, Sonia JV, Luis Hernán González Santamaría, José Miguel CT. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad DIACOL Capiro a la fertilización en un andisol del oriente Antioqueño, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín [Internet] 2009[Citado el 4 de abril de 2019];62(2):5099-5110. <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/results/4FAB91BC570148BAPQ/1?accountid=50438>
3. Osorio N. a review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. Scielo. 2007 [Citado 27 sep 2018]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472007000100001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472007000100001)
4. Kumar R, Bhatia R , Kukreja K , Behl RK , Dudeja SS , Narula N . Establishment of Azotobacter on plant roots: chemotactic response, development and analysis of root exudates of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Basic Microbiology. 2007;46(5): 436-439 [Citado 27 sep 2018]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jobm.200610285>
5. Shrivastava U, et al. Un ensayo simple y rápido en placa para la detección de microorganismos productores de ácido indol-3-acético (IAA) [Internet]. Revista Internacional de Biología Aplicada y Tecnología Farmacéutica 2011 2: 120-123 [Citado 4 nov 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/236176855\\_A\\_Simple\\_and\\_Rapid\\_Plate\\_Assay\\_for\\_the\\_Screening\\_of\\_Indole-3-acetic\\_Acid\\_IAA\\_Producing\\_Microorganisms](https://www.researchgate.net/publication/236176855_A_Simple_and_Rapid_Plate_Assay_for_the_Screening_of_Indole-3-acetic_Acid_IAA_Producing_Microorganisms)
6. Cárdenas Pinzón J, Vallejo Zamudio L. Agricultura y desarrollo rural en Colombia 2011-2013: una aproximación Artículo barra lateral. Apuntes del CENES [Internet]. 2016 35 (62): 87-123. [citado el 20 de mayo de 2019]; Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/cenes/article/view/4411>
7. 20 Villa, M. and Barrientos, J. Increased profitability of the yellow potato crop by fertilization with manganese. 6th ed. [Internet]. 2012 Bogotá: revista colombiana de ciencias hortícolas [cited 2 September 2019]. pp.67-75. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n1/v6n1a07.pdf>
8. FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2018. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición. FAO [Internet]. Roma; 2018 [cited 5 September 2019]. Available from: <http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>
9. López Marín L. MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* [Internet]. 1st ed. San José de Costa Rica: Laura Ramírez Cartín; 2016 [cited 5 September 2019]. Available from: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
10. Montaña barrera v. siembra de un cultivo de tomate (*solanum lycopersicum*), con buenas prácticas agrícolas en el municipio de guadalupe santander. [pregrado]. universidad de la salle, facultad de ciencias agropecuarias ingeniería agronómica; 2017.

11. Perez J. Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola [Internet]. 2014 [citado el 11 Octubre 2019]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39459/1/71782231.2014.pdf>
12. Informe de gestión anual [Internet]. 2015 [cited 11 October 2019]. Disponible en: <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/INFORME-DE-GESTION-FNFP-ANUAL-2015.pdf>
13. Martínez Mojica ZN. identificación de alteraciones del suelo por la actividad agrícola debido a su uso inadecuado y la utilización de agroquímicos en la vereda de Siatame municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá [Ingeniero]. Universidad Militar Nueva Granda- Facultad de ingeniería; 2015.
14. Chica Toro F. Evaluación de la distribución de zeolitas al suelo como factor para mitigar la contaminación producto de la fertilización agrícola. puerta de la investigación. [Internet]. 2008 [citado 11 Octubre de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/277152444\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_adicion\\_de\\_zeolitas\\_al\\_suelo\\_como\\_factor\\_para\\_mitigar\\_la\\_contaminacion\\_producto\\_de\\_la\\_fertilizacion\\_agricola](https://www.researchgate.net/publication/277152444_Evaluacion_de_la_adicion_de_zeolitas_al_suelo_como_factor_para_mitigar_la_contaminacion_producto_de_la_fertilizacion_agricola)
15. Moreno Pérez R, García Martín T *et al.* Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. Revista Ciencia , Tecnol y Medio Ambiente. [Internet].2011 [citado 11 de octubre de 2019] 22(2):7-20. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Agricultura/Articulos/47082-Fertilizacion-y-correccion-de-suelos-agricolas-con-productos-organicos.html>
16. Moreno A, García V. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable [Internet]. 2019 [cited 11 October 2019]. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf1>
- 17.. Beacker R, Rokem J. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture [Internet]. 2018 [cited 11 October 2019]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6206271/>
18. Alvarado, A., Iturriaga, I., Smyth, J., Ureña, M. y Portuguez, E. 2009. Efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento y la absorción de nutrientes de la papa en un Andisol de Juan Viñas, Costa Rica.] Agronomía Costarricense. [Internet] 2009 [cited 6 October 2019];33(1):45-61. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/323969112\\_EFECTO\\_DE\\_LA\\_FERTILIZACION\\_CON\\_FOSFORO\\_SOBRE\\_EL\\_RENDIMIENTO\\_Y\\_LA\\_ABSORCION\\_DE\\_NUTRIENTOS\\_DE\\_LA\\_PAPA\\_EN\\_UN\\_ANDISOL\\_DE\\_JUAN\\_VINAS\\_COSTA\\_RICA](https://www.researchgate.net/publication/323969112_EFECTO_DE_LA_FERTILIZACION_CON_FOSFORO_SOBRE_EL_RENDIMIENTO_Y_LA_ABSORCION_DE_NUTRIENTOS_DE_LA_PAPA_EN_UN_ANDISOL_DE_JUAN_VINAS_COSTA_RICA)
19. Beltrán Pineda M. Bacterias solubilizadoras de fosfato con potencial biofertilizante en suelos cultivados con papa (*Solanum tuberosum*). Revista de Agronomía [Internet]. 2014 [citado 6 Octubre 2019];22(2):7-20. Disponible en: [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia22\(2\)\\_2.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia22(2)_2.pdf)
20. Dawam D, Elbeltagy A. Beneficial effect of plant growth promoting bacteria isolated from the roots of potato plant [Internet]. 2013 [cited 11 October 2019]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178313000298>

21. Beneduzi A. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents [Internet]. 2012 [cited 11 October 2019]. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-47572012000600020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572012000600020)
22. AQUASTAT - Sistema de Informacion sobre el Uso del Agua en la Agricultura de la FAO [Internet]. Fao.org. 2015 [cited 11 October 2019]. Available from: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/col/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/col/indexesp.stm)
23. Fukami J, Cerezini P, Hungria M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation [Internet]. 2018 [cited 9 March 2019]. Available from: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-018-0608-1>  
[ate.net/publication/277152444 Evaluacion de la adicion de zeolitas al suelo como factor para mitigar la contaminacion producto de la fertilizacion agricola](https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-018-0608-1)
24. Alvarado, A., Iturriaga, I., Smyth, J., Ureña, M. y Portuguez, E. 2009. Efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento y la absorción de nutrimentos de la papa en un Andisol de Juan Viñas, Costa Rica.] Agronomía Costarricense. [Internet] 2009 [cited 6 October 2019];33(1):45-61. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/323969112\\_EFECTO\\_DE\\_LA\\_FERTILIZACION\\_CON\\_FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA ABSORCION DE NUTRIMENTOS DE LA PAPA EN UN ANDISOL DE JUAN VINAS COSTA RICA](https://www.researchgate.net/publication/323969112_EFECTO_DE_LA_FERTILIZACION_CON_FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA ABSORCION DE NUTRIMENTOS DE LA PAPA EN UN ANDISOL DE JUAN VINAS COSTA RICA)
25. Holguin G, Bashan Y, Puente E, Carrillo A, Bethlenfalvay G, Rojas A et al. PLANT GROWTH PROMOTION BY RHIZOSPHERE BACTERIA [Internet]. CIBNOR 2003; 29(2): 201-211 [citado 25 sept 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237037240\\_Promocion\\_del\\_crecimiento\\_en plantas\\_por\\_bacterias\\_de\\_la\\_rizosfera](https://www.researchgate.net/publication/237037240_Promocion_del_crecimiento_en plantas_por_bacterias_de_la_rizosfera)
26. Florez-Márquez J, Leal-Medina G, Ardila-Leal L, Cárdenas-Caro D. AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS ASOCIADAS A CULTIVOS DE ARROZ (Oryza sativa L.) DEL NORTE DE SANTANDER (COLOMBIA) [Internet]. Scielo.org.mx. 2017 [cited 7 March 2020]. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n4/1405-3195-agro-51-04-00373.pdf>
27. Malik D, Sindhu S. Production of indole acetic acid by Pseudomonas sp.: effect of coinoculation with Mesorhizobium sp. Cicer on nodulation and plant growth of chickpea (Cicer arietinum) [Internet]. 2011 [cited 10 March 2020]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550561/>
28. Hassen AI, Labuschagne N. Root colonization and growth enhancement in wheat and tomato by rhizobacteria isolated from the rhizoplane of grasses. World Journal of Microbiology and Biotechnology [internet].2010[citado el 14 de diciembre de 2019] 10;26(10):1837-1846. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-010-0365-z>