



EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN PLANTAS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*)



PRESENTADO POR: RUBEN DARIO RODRIGUEZ LARGO
JAVIER ALEJANDRO VIASUS FLOREZ
ASESOR EXTERNO: JAVIER VANEGAS GUERRERO
ASESOR INTERNO: JOVANNA ACERO GODOY

INTRODUCCIÓN



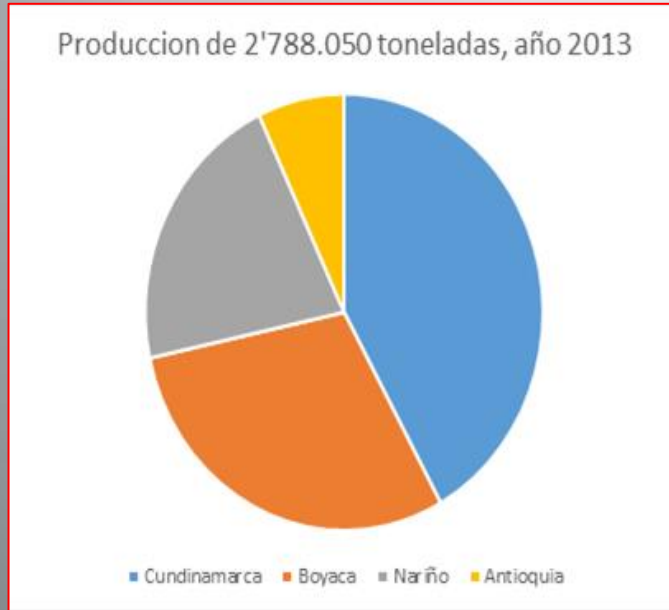
Tomada de: Universidad Nacional de Colombia

Compuesto	Papa Criolla
Humedad	74.8 g
Energía	97 Kcal - 406
Proteínas	2.5 g
Lípidos	0.10 g
Carbohidratos totales	21.60 g
Humedad	1.10 g
Calcio	2.00 g
Flúor	-
Fósforo	28 mg
Hierro	1.00 mg
Potasio	1008.90 mg
Sodio	-
Zinc	-

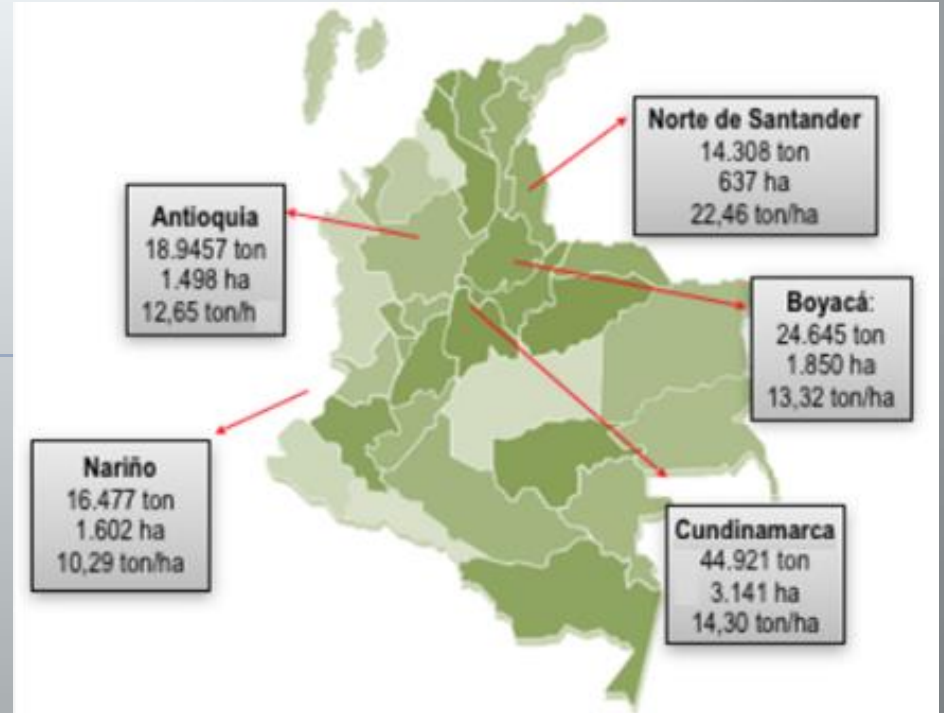
Tomado de: Fedepapa, 2014

INTRODUCCIÓN

21%

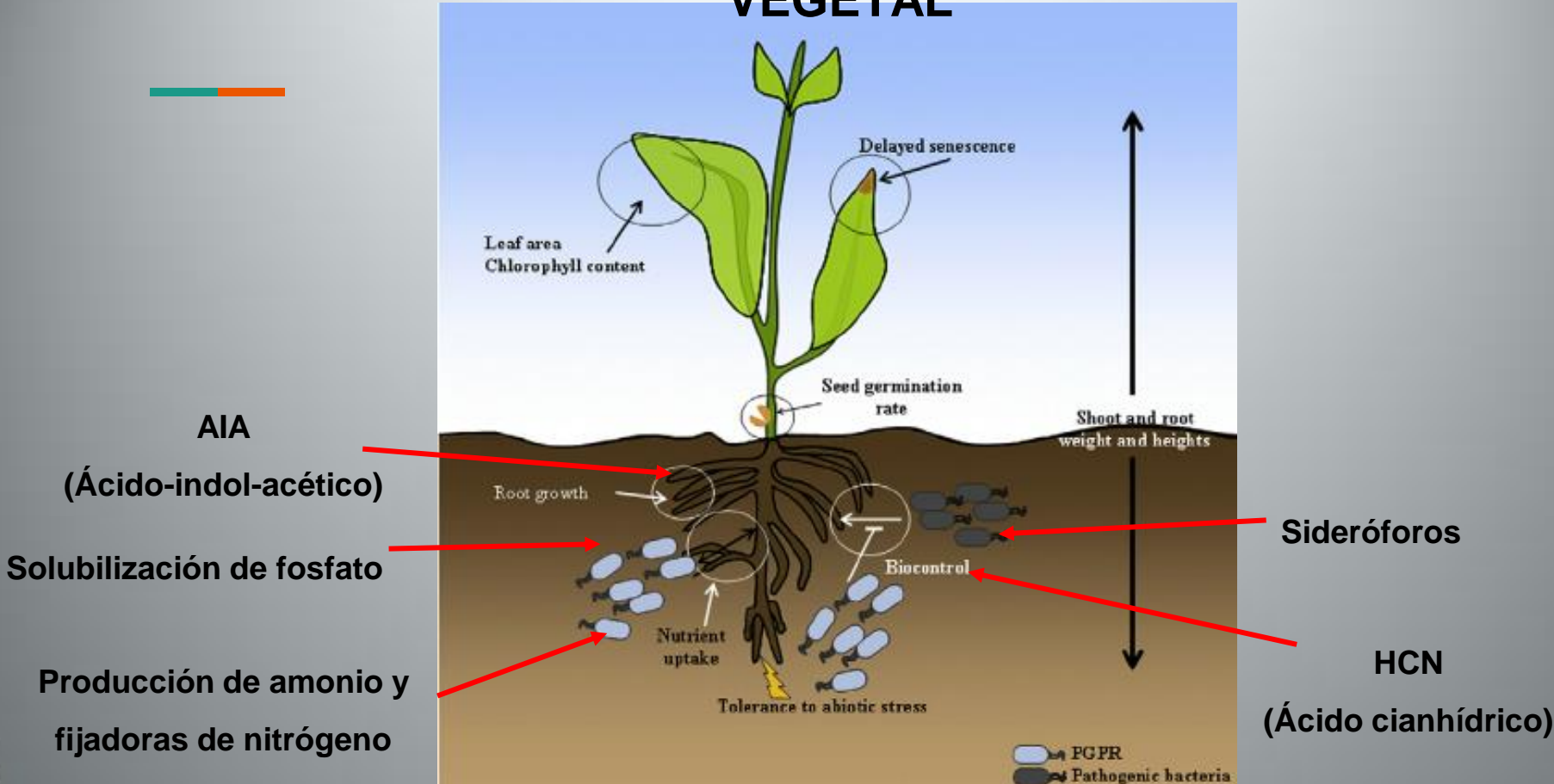


Tomada de: Fedepapa, 2013



Tomada de: Agronet, 2015

MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL



AIA

(Ácido-indol-acético)

Solubilización de fosfato

Producción de amonio y fijadoras de nitrógeno

Sideróforos

HCN

(Ácido cianhídrico)

Tomada de microbiologia pgpr .blogspot

TRANSPORTADORES

Son (materiales, sustratos, portadores) orgánicos que colaboran en el crecimiento y aporte de nutrientes a las plantas.

TALCO



CENIZA VOLANTE



ROCA FOSFÓRICA



ALMIDÓN DE MAÍZ



CAOLÍN



Objetivo General:

Determinar el efecto de rizobacterias y transportadores en la promoción de crecimiento en plantas papa criolla (*Solanum phureja*).

Objetivos Específicos:

1. Caracterizar los mecanismos de acción asociados a la actividad promotora de crecimiento vegetal de rizobacterias de papa.
1. Determinar la promoción de crecimiento vegetal de las rizobacterias en plantas de papa bajo condiciones de invernadero.
2. Establecer el efecto de la incorporación de transportadores en la actividad promotora de crecimiento de rizobacterias en plantas de papa bajo condiciones de invernadero.

ANTECEDENTES

Belimov et al., (2015)

3 PGPR en tubérculo de *Solanum-suma*

Pseudomonas oryzihabitans raíces hasta un 50% y los tubérculos hasta un 40%.

Camacho et al., (2015)

3 PGPR, mezclas de arena, musgo y tierra de cultivo.

El género *Pseudomonas* incrementando en un 56%.

AboKora et al., (2016)

4 PGPRs, mezclando carboximetilcelulosa con polvo de talco y suspensión de cultivo.

Azotobacter chroococcum con polvo de talco un 18% altura de la planta, 50% longitud de la raíz, 40% peso del tallo y 44% peso de la raíz.

ANTECEDENTES

Pérez et al.,
(2017)

PGPRs de cultivos de
batatas del Caribe
Colombiano

Todas las cepas
fueron capaces
de solubilizar
fósforo, producir
indol y reducir
acetileno.

Rocha et al.,
(2019)

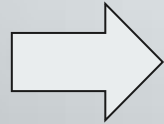
Evaluaron 39 PGPRs,
La mayoría de genero
Bacillus

La cepa 45
presentó 93% en la
altura de la planta y
78% el desarrollo
del tubérculo.

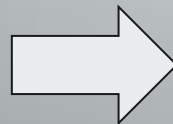
METODOLOGÍA



Tomada de: <https://panoramacultural.com.co/historia/6110/la-historia-milenaria-de-la-papa>



15 aislamientos (-
70°C)



Rizobacteria
entomopatógena
(*R. terrígena* C47)



CINCO TRANSPORTADORES

METODOLOGÍA

1.1. Obj. Caracterizar los mecanismos de acción. Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal de rizobacterias de papa.

Solubilización de fosfatos
Bakker et al., 1987 y Kumari-Jha et al., 2009

Fijación de nitrógeno
Bakker et al., 1987 y Kumari-Jha et al., 2009

Producción de sideróforos
Bakker et al., 1987 y Kumari-Jha et al., 2009

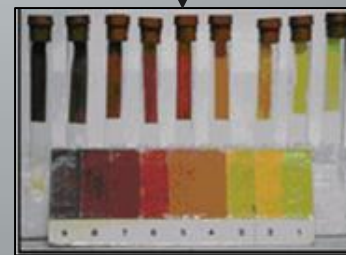
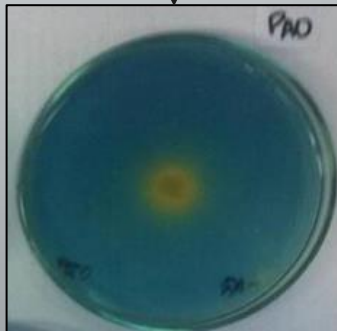
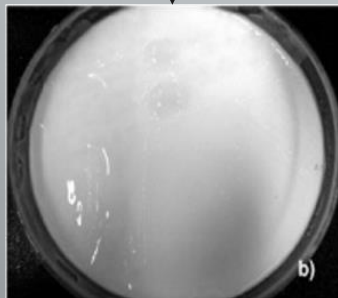
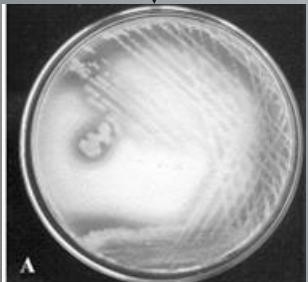
Producción de ácido cianhídrico
Bakker et al., 1987 y Kumari-Jha et al., 2009

Medio SRS

Medio NFB

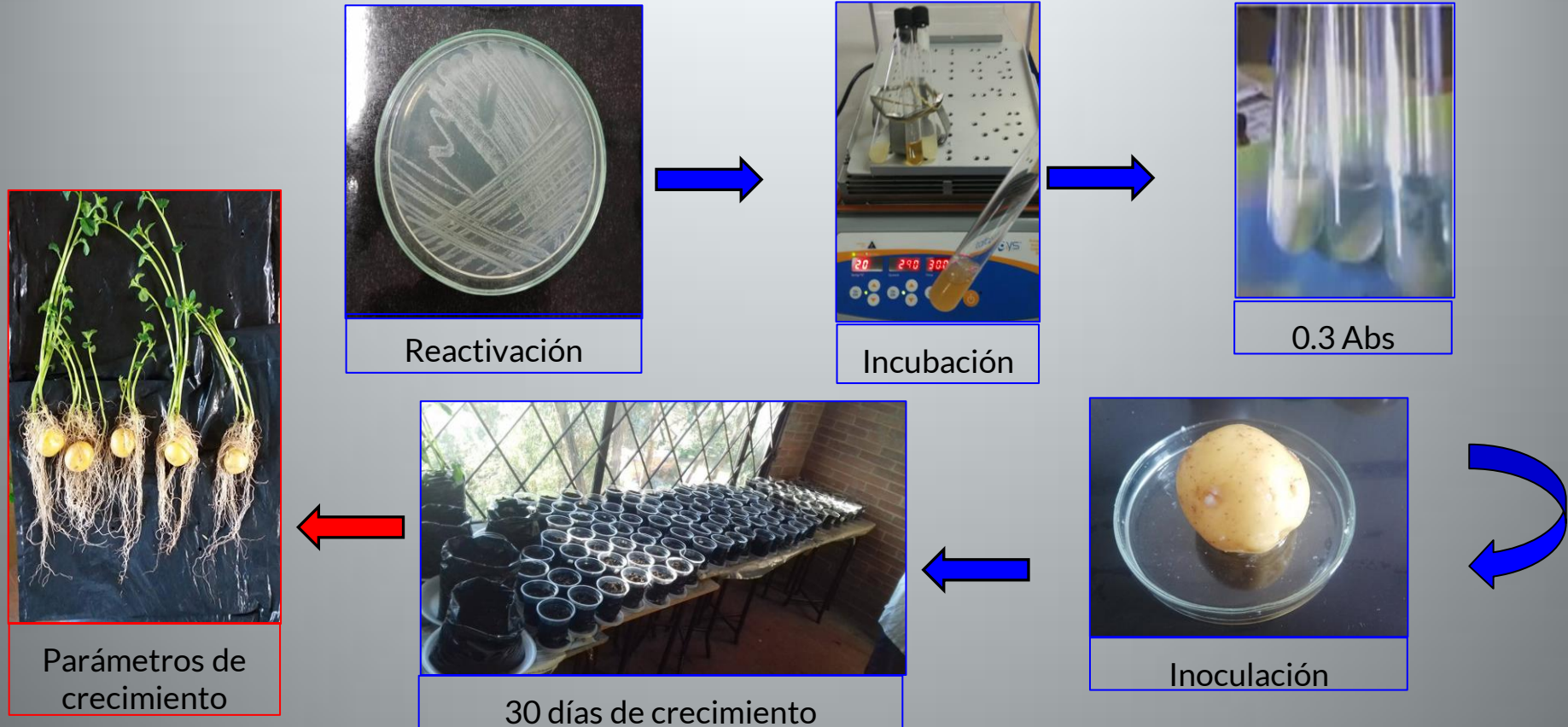
Medio suplementado con CAS

Medio LB con glicina



METODOLOGÍA

2. Obj. Promoción de crecimiento vegetal sin transportador.



Obj 2. Promoción de crecimiento vegetal sin transportador.

METODOLOGÍA

Co-inoculaciones

Individuales

Tratamiento	Aislamientos
3	3
4	4
6	6
10	10
C47	C47

Tratamiento	Aislamientos
C3	C47+3
C4	C47+4
C6	C47+6
C10	C47+10
3.4	3+4
3.6	3+6
3.10	3+10
4.6	4+6
4.10	4+10
6.10	6+10
Todas	3+4+6+10
CT	C47+3+4+6+10

Control LB

Control H₂O

METODOLOGÍA

3 Obj Promoción con transportadores



Parámetros de crecimiento



Reactivación



Incubación



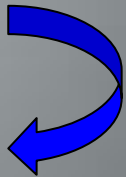
0.3 Abs



1. Selección (5 plantas)
2. Validación (10 plantas)



Inoculación con cada uno de los transportadores





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. 1 OBJ. Caracterización de los mecanismos de acción.

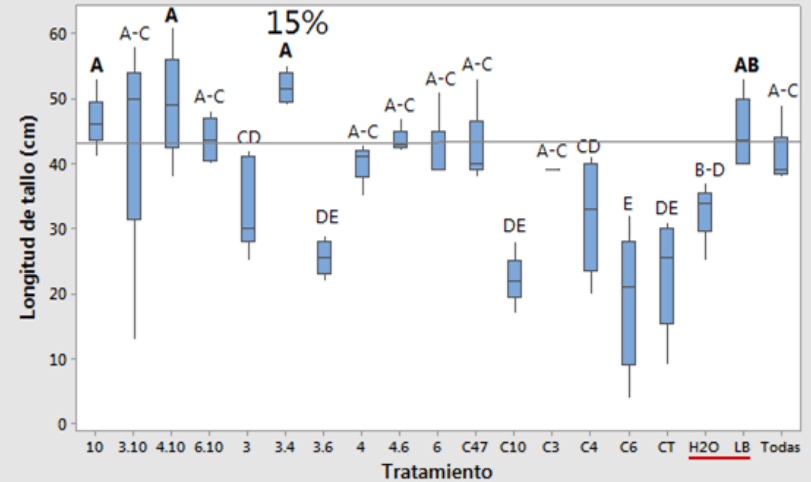
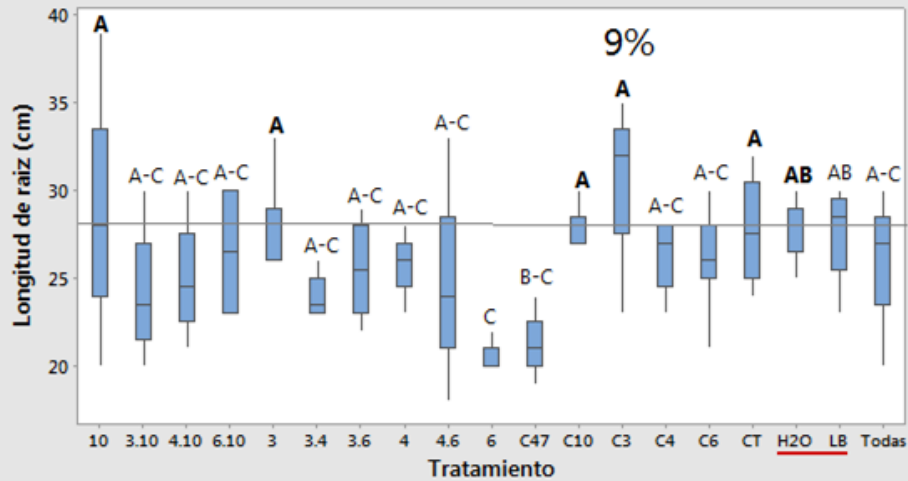
ID	Solubilización de Fósforo	Crecimiento en NFB	Sideróforos	Ácido Cianhídrico
2	+	-	-	+
3	+	+	+	+
4	+	+	+	+
4A	+	-	+	-
5	-	+	-	+
5A	-	+	-	+
6	+	+	+	+
7	-	+	+	+
7A	+	-	+	+
10	+	+	+	+
20	+	+	+	-
29	+	-	+	-
30	+	-	-	+
38	-	+	+	+
63	-	+	-	+

Pathak et al., (2019). *Bacillus* solubiliza fosfatos y produce sideróforos, 12% longitud de las plantas y 4.2% peso de la raíz y controlador de *Fusarium sp.* y *Pythium sp.*

Ortuño et al., (2018). 41/47 aislamientos (26%) de papa solubilizan fosfato y fijan nitrógeno. La mayoría *Bacillus sp.*

Bastidas (2010). *Pseudomonas sp.* productora de HCN reducen en un 70% las agallas producidas *Spongospora subterranea*.

2 OBJ. PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO SIN TRANSPORTADORES.



Dawwam et al., (2013). *Bacillus cereus* y *Achromobacter xylosoxidans* aumentaron la long del tallo (90%) y la long de raíz (79%)

TRATAMIENTOS (23%)

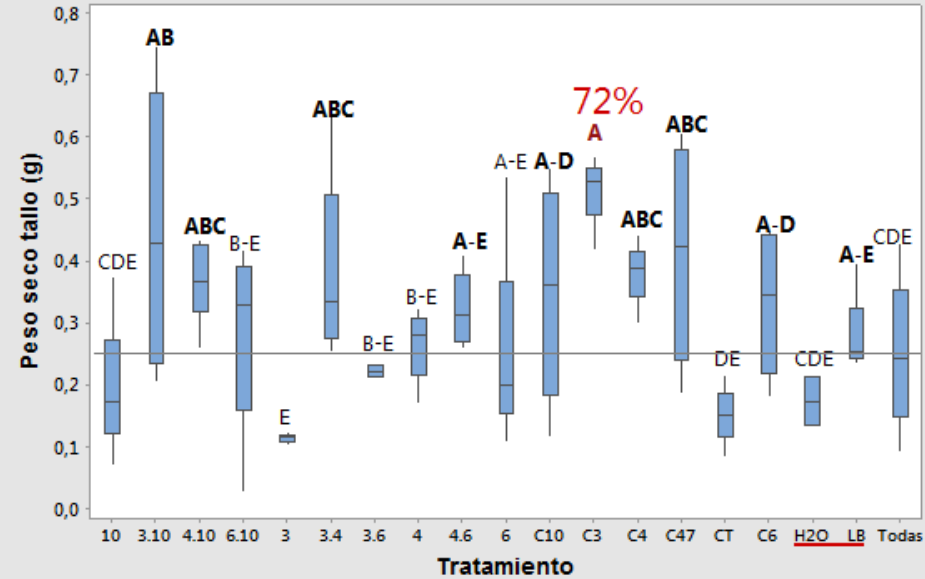
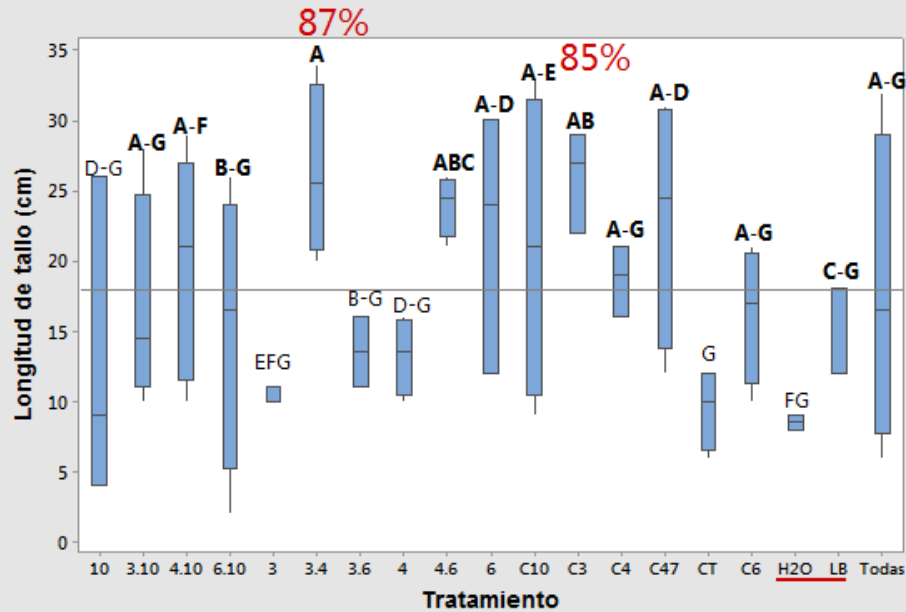
Mejores Tratamientos:

Raíz C47+3

Tallo 3+4

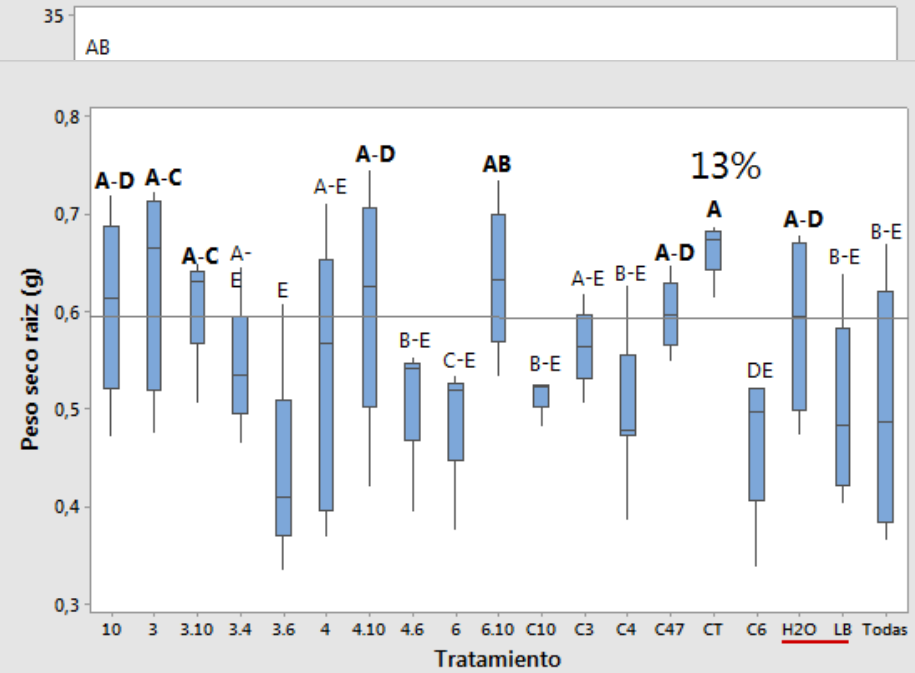
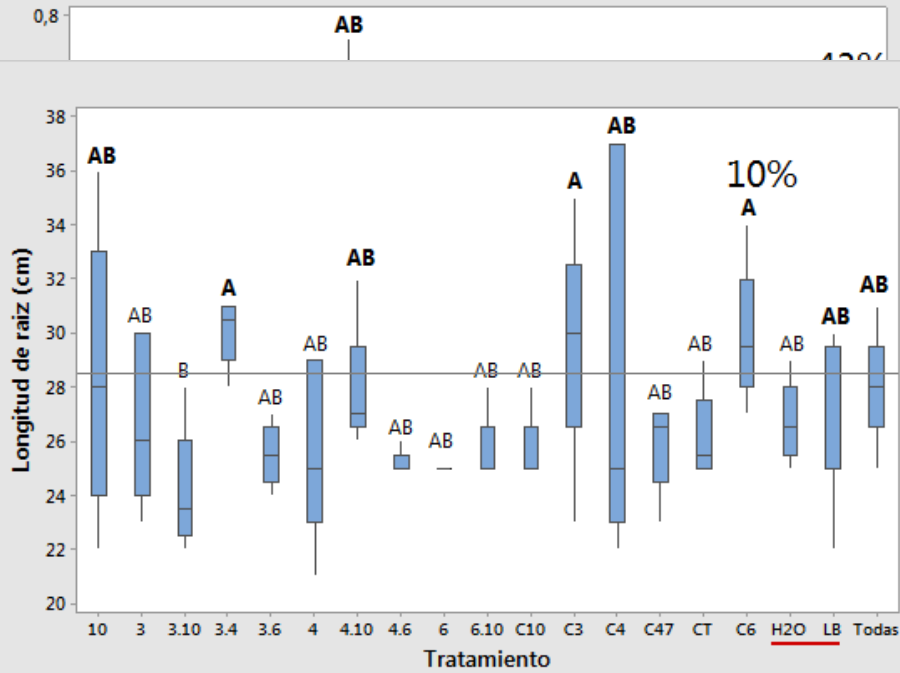
Trdan et al., (2018). *P. fluorescens* y *A. brasilense* hasta en un 31% el rendimiento de tres variedades de papa. Este efecto era un 16% más alto en un inóculo mojado.

3 OBJ. PROMOCIÓN CON TRANSPORTADORES.



Abo- Kora et al., (2016), *A. chroococcum* con polvo de talco un incrementado un 18% altura de la planta, 50% longitud de la raíz, 40% peso del tallo y 44% peso de la raíz.

TALCO (54%)
 Mejores Tratamientos:
Tallo C47+3, 3+4
Raíz 3+10, 3



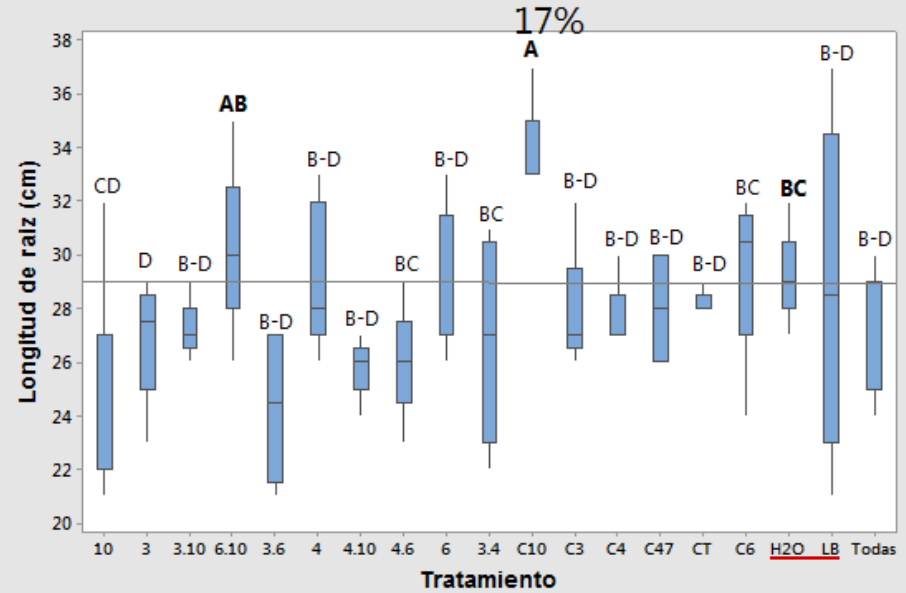
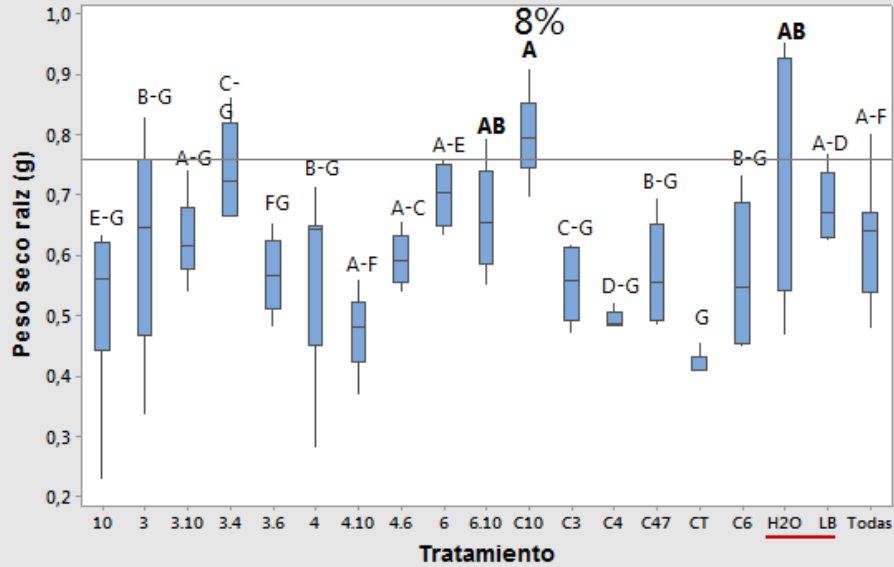
Singh et al., (2003), El 40% de ceniza volante en arroz aumentó la longitud de la planta (9%) y el peso seco de la planta (10%).

CENIZA VOLANTE (43%)

Mejores Tratamientos:

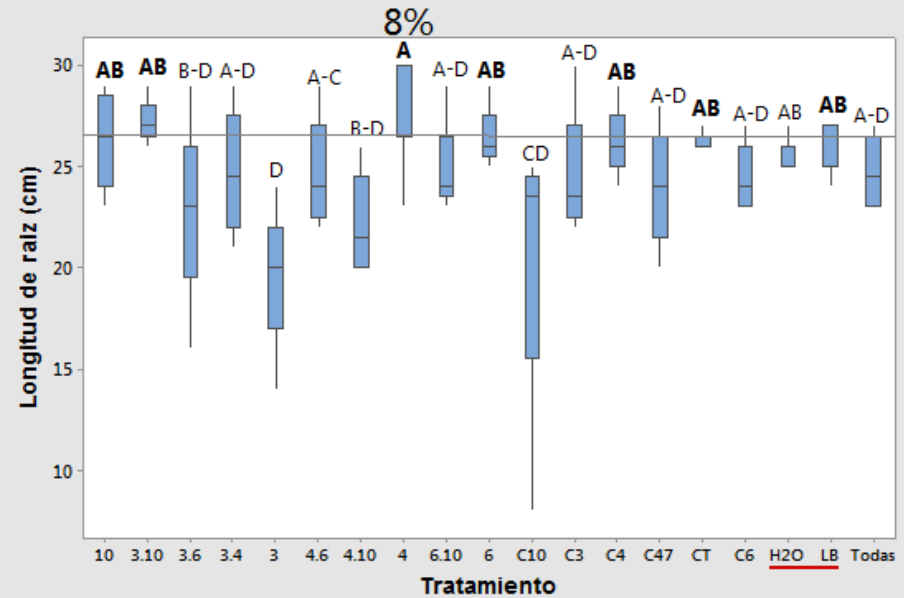
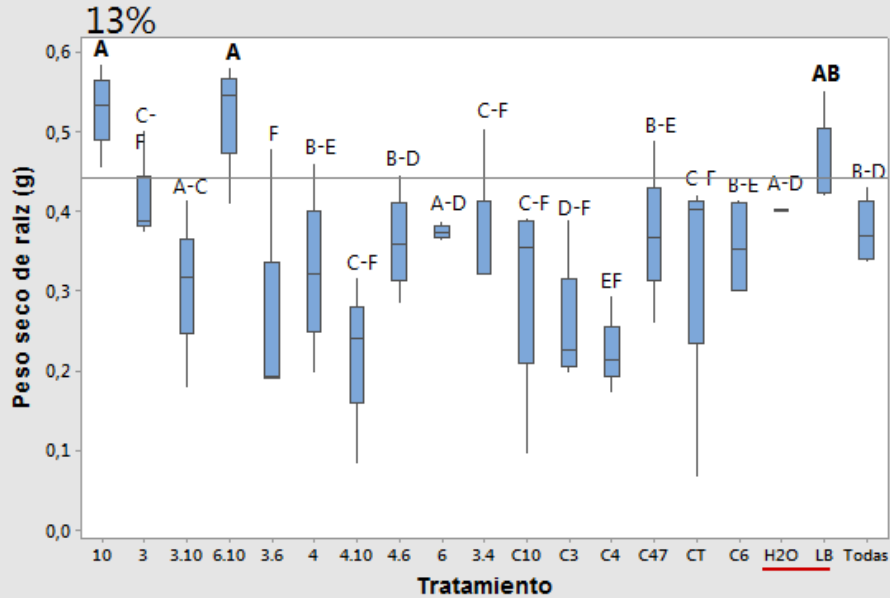
Tallo C47+3, Todas

Raíz CT, C47+6



Mamani et al., (2011). El caolín y la cal mostraron actividades 5,2 y 4,5 veces más bajas en la protección del tubérculo frente a polillas de papa con respecto al talco.

CAOLÍN (11%)
 Mejores Tratamientos:
Raíz C47+10



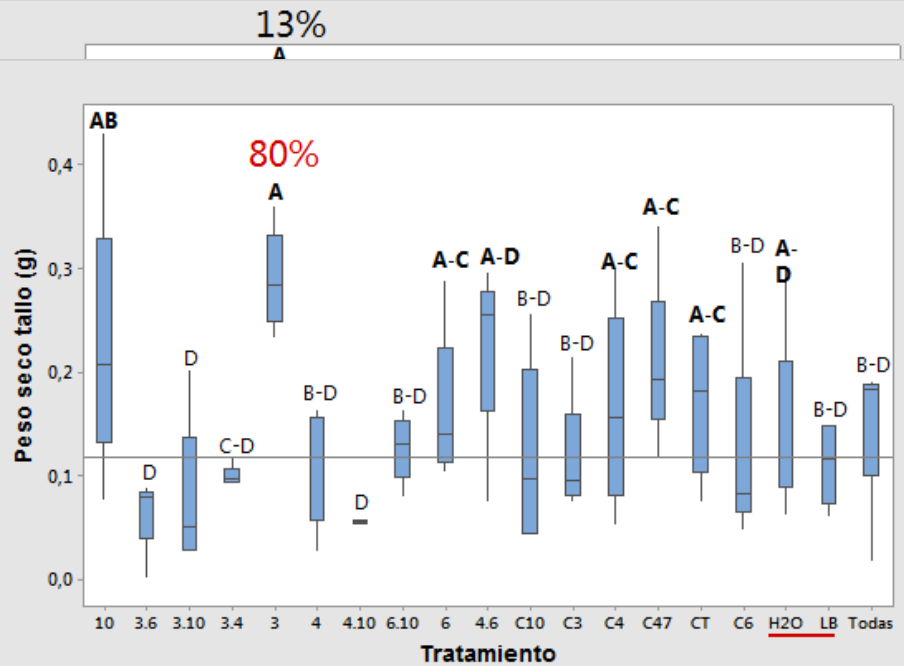
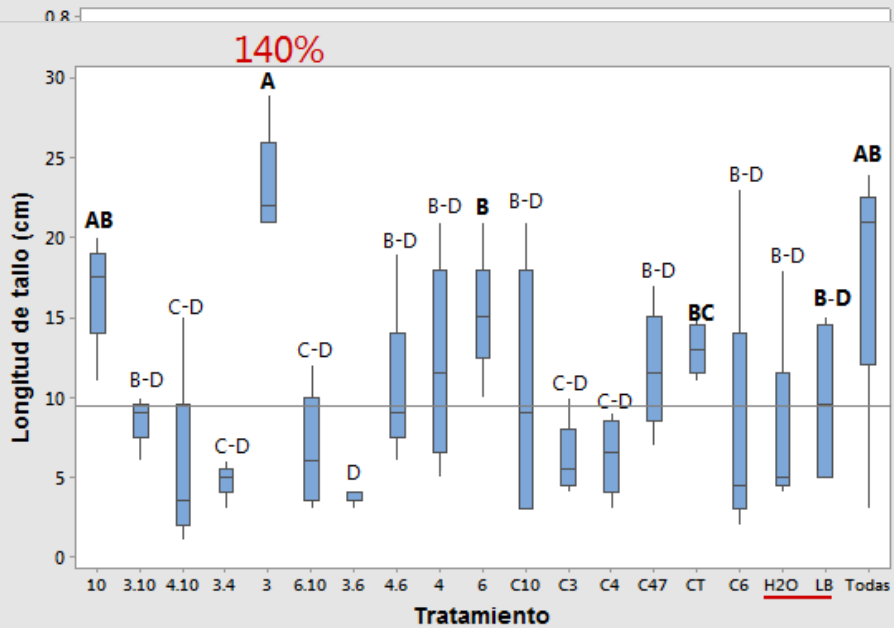
Núñez et al., (2015). La mezcla de roca fosfórica con zeolita incrementó el rendimiento del tubérculo en un 25,6% a 38,8%.

ROCA FOSFÓRICA (23%)

Mejores Tratamientos:

Raíz 10

Raíz 4



Muis (2006) La producción de biomasa de *B. subtilis* obtuvo la mayor población bacteriana con talco y la más baja con almidón de maíz.

ALMIDÓN DE MAÍZ (45%)
 Mejores Tratamientos:
Raíz y Tallo 3
Raíz C47+4

Comparación entre los transportadores que presentaron diferencias significativas

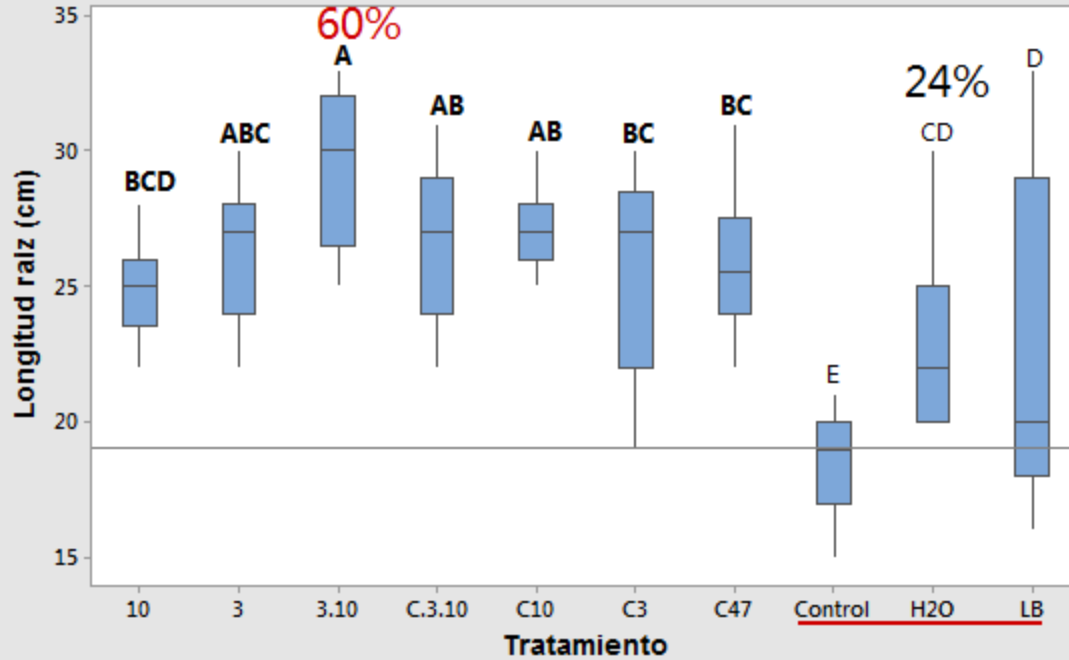
Parámetros	Talco	Ceniza volante	Almidón de maíz
Peso seco raíz	54% Control LB: 0.4813 g	13% Control H ₂ O: 0.5847 g	53% Control LB: 0.3655 g
Longitud tallo	87% 3.4: 26.25 cm Control: 14 cm	19% Todas: 23.25 cm Control LB: 19.5 cm	140% 3: 23.5 cm Control LB: 9.75 cm

Tratamientos utilizados en la confirmación de resultados

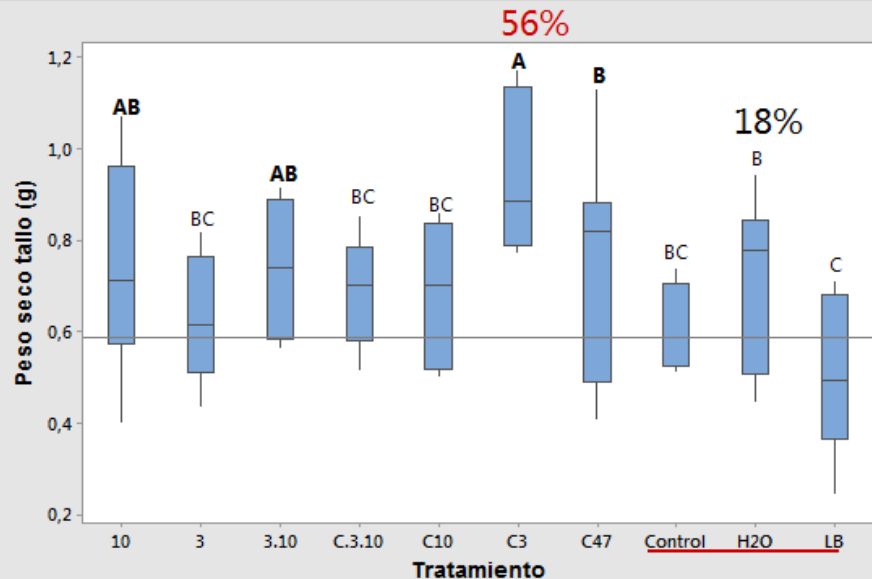
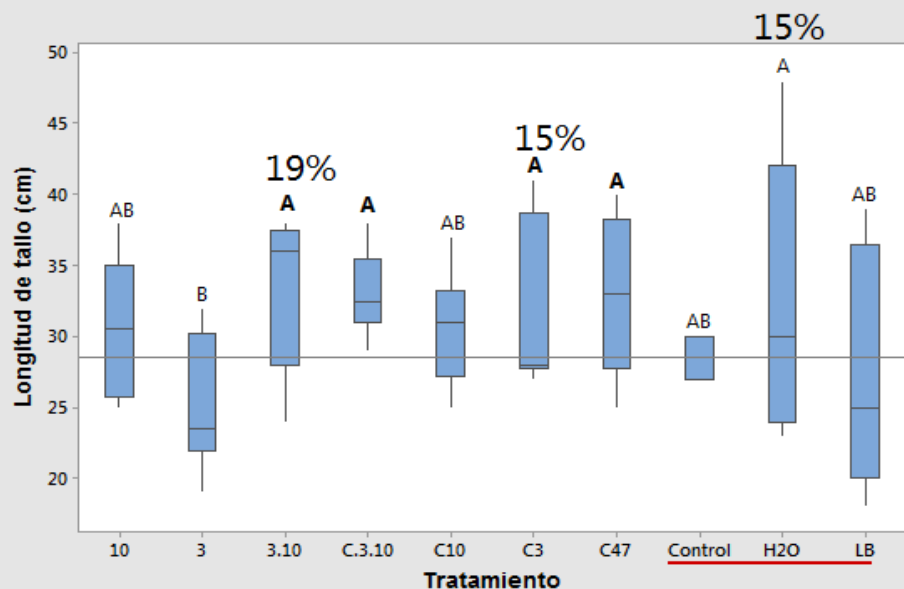
Tratamiento	Aislamiento
3	3
10	10
C47	C47
C3	C47+3
C10	C47+10
3.10	3+10
C3.10	C47+3+10
Control LB	Transportador
Control H₂O	Transportador
Control	-

Tabla 2. Tratamientos utilizados en los ensayos de promoción de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

Ceniza volante



Talco



Senthilraja et al., (2013)., Talco con *P. fluorescens* y *B. bassiana* aumentó en un 89% longitud de la raíz, 146% altura de la planta con respecto a la inoculación individual.

Pantoja et al., 2018. C47 tiene actividad entomopatógena contra el insecto plaga *T. solanivora*.

Tuberización

Tratamiento 10 + talco

Peso seco raíz: 35%
Peso seco tallo: 22%
Longitud raíz: 24%
Longitud tallo: 9%



CONCLUSIÓN

- Todas las rizobacterias presentaron mecanismos asociados a promoción de crecimiento vegetal, 4 aislamientos presentaron todos los mecanismos (3, 4, 6, 10), características que evidencian su potencial promotora de crecimiento vegetal.
- Los transportadores como el talco y la ceniza volante mejoran la actividad de las rizobacterias.
- El talco fue el mejor transportador para promover el crecimiento en papa criolla con mezclas bacterianas (Tratamiento C3) y en forma individual (Cepa 10) al inducir la tuberización.

RECOMENDACIONES

- Identificación de las rizobacterias
- Probar el efecto sinérgico al mezcla de talco y ceniza volante
 - Llevar el ensayo a campo

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto UAN, Financiado por MINCIENCIAS y ARCAL

BIBLIOGRAFÍA

1. Federación colombiana de productores de papa - fondo nacional de fomento de la papa, (2018), boletín mensual regional no. 8, vol. 2, núm. 8, avalarle in: <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/boletinregionalnacional-2018.pdf>
2. El micromundo asociado al crecimiento vegetal (2017) from: <http://microbiologiapgpr.blogspot.com/2017/02/>
3. Rhizobacteria that produce auxins and improve growth and yield of well-watered and water-limited potato (*Solanum tuberosum*) (2015) A.A. Belimov¹, I.C. Dodd², V.I. Safronova¹, A.I. Shaposhnikov¹, T.S. Azarova¹, N.M. Makarova¹, W.J. Davies¹ & I.A. Tikhonovich¹ from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aab.12203>
4. Promoting effect of PGPR bacteria on potato culture under different substrates ta greenhouse level Marlene Camacho & María I. La Torre (2015) From: <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rfb/article/view/157/148>
5. Effect of Immobilized PGPRs Bacteria in Different Forms Against Root-Knot Nematodes on Tomato Plants Hanaa A. Abo- Kora¹, Mahdy, M.E² and Galaall, Neveen M.3 (2016) from: https://www.researchgate.net/profile/Hanaa_Abokora/publication/315665525_Effect_of_Immobilized_PGPRs_Bacteria_in_Different_Forms_Against_Root-Knot_Nematodes_on_Tomato_Plants/links/5c99403e45851506d72bb826/Effect-of-Immobilized-PGPRs-Bacteria-in-Different-Forms-Against-Root-Knot-Nematodes-on-Tomato-Plants.pdf
6. Pérez B. plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture[Internet].; (2014) [cited 2019 Diciembre 2]. Available from: <https://prezi.com/hdamybf0j9k/plant-growth-promoting-rhizobacteria-pgpr-emergence-in-agriculture/>.
7. Selección de bacterias endófitas tipo *Bacillus* como promotoras de crecimiento en el cultivo de papa variedad Huaycha (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) N. Rocha; M. Claros; J. J. Calisaya; N. Ortuño (2019) From: <http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/374/36>
8. Determinación de la capacidad biocontroladora de *Pseudomonas* spp. contra *Spongospora subterranea* f. sp. subterranea en el cultivo de papa Lisney bastidas (2010) from: <http://bdigital.unal.edu.co/8672/1/86312.2010.pdf>
9. n. ortuño, m. córdoba, m. claros, j.a. castillo, evaluación de bacterias endófitas de papa nativa (*solanum tuberosum* l.) y el desarrollo de un biofertilizante, revista latinoamericana de la papa 22 (1): 12 - 37, [internet], (2018), issn: 1853-4961, available in: <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/288/311> Plant
10. G.E.DawwamaA.ElbeltagyB.H.M.Emaraal.H.AbbasaM.M.Hassanb (2013) Beneficial effect of plant growth promoting bacteria isolated from the roots of potato plant from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178313000298>
11. The effect of a mixture of two plant growthpromoting bacteria from Argentina on the yield of potato, and occurrence of primary potato diseases and pest – short communication Stanislav Trdan, Filip Vučajnk, Tanja Bohinc & Matej Vidrih (2018) From: <https://sci-hub.tw/https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09064710.2018.1492628?scroll=top&needAccess=true>
12. Effects of fly ash and Helminthosporium oryzae on growth and yield of three cultivars of rice Lamabam P. Singh, Zaki A. Sididiqui * (2003) From: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852402001116>
13. Efecto de materiales inertes de fórmulas bioinsecticidas en la protección de tubérculos almacenados contra las polillas de papa Dante Mamani, Marc Sporleder, Jürgen Kroschel (2011) From: <https://core.ac.uk/reader/132677900>
14. Influencia de zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de cultivos de sorgo y papa Miguel Soca Núñez (2015) from: https://www.researchgate.net/publication/309566637_INFLUENCIA_DE_ZEOLITA_Y_ROCA_FOSFORICA SOBRE_EL_DESARROLLO_DE_CULTIVOS_DE_SORGO_Y_PAPA
15. BIOMASS PRODUCTION AND FORMULATION OF *Bacillus subtilis* FOR BIOLOGICAL CONTROL Amran Muis (2006) From: <http://repository.pertanian.go.id/bitstream/handle/123456789/103/BIOMASS%20PRODUCTION%20AND%20FORMULATION%20OF%20Bacillus%20subtilis%20FOR%20BIOLOGICAL%20CONTROL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and entomopathogenic fungus bioformulation enhance the expression of defense enzymes and pathogenesis-related proteins in groundnut plants against leafminer insect and collar rot pathogen G.Senthilraja^aT.Anand^aJ.S.Kennedy^bT.Raguchander^aR.Samiyappan^a (2013) from: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088557651200077X?via%3Dihub
17. Efecto de moléculas señal tipo N-acil homoserina lactonas (AHLs) de aislamientos provenientes de cultivos de papa en el control de *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae) Luisa Fernanda Pantoja Delgado (2018) file:///C:/Users/ruben/Downloads/Tesis%20%20FINAL%20Luisa%20Fernanda%20Pantoja%20MAESTRIA%20BIOQUIMICA.pd



ANEXOS



Código	Estado	Descripción
0 0.0-0.9	Brotación – Germinación	Los tubérculos que se encuentran en estado de latencia terminan el proceso de dormancia, las yemas se desarrollan dando lugar a los nuevos brotes, estos rompen la superficie del suelo y emergen, cuando esto ocurre en el 50% de las plantas se determina la emergencia.
1 1.0-1.n	Desarrollo de hojas	Las hojas aparecen a lo largo del desarrollo del tallo y las ramas. Las hojas comienzan a extenderse hasta alcanzar una longitud mayor a 4cm.
2 2.1-2.9	Formación de brotes laterales	Formación de brotes basales laterales visibles.
3 3.1-3.9	Elongación brotes principales	Proceso de cobertura del cultivo debido a la elongación del tallo y las ramas, del 10 al 90% de las plantas se encuentran entre líneas.
4 4.0-4.9	Formación de tubérculo	Comprende desde el ensanchamiento del estolón hasta alcanzar al máximo de masa total del tubérculo, en el cual se desprenden fácilmente de los estolones y la piel ya no es removible con facilidad.
5 5.1-5.9	Aparición de órgano floral	Desde la aparición de los primeros botones de la primera inflorescencia en el tallo principal, hasta la aparición de los primeros pétalos en dicha inflorescencia.
6 6.0-6.9	Floración	Primeras flores abiertas hasta el final de la floración.
7 7.0-7.9	Desarrollo del fruto	Se inicia con la aparición de las primeras bayas y finaliza cuando estas han alcanzado su máximo tamaño.
8 8.1-8.9	Maduración de frutos y semillas	Los frutos comienzan a cambiar de color desde verde a ocre o café oscuro, las semillas pasan de un color pálido a uno oscuro.
9 9.1-9.9	Senescencia	Inicia con el amarilloamiento de las hojas hasta que se tornan cafés y finalmente mueren, los tallos pierden su color verde y se

Ilo (*Solanum phureja*) Fuente:FAO, 2008

4.3.Ciclo fenológico del cultivo

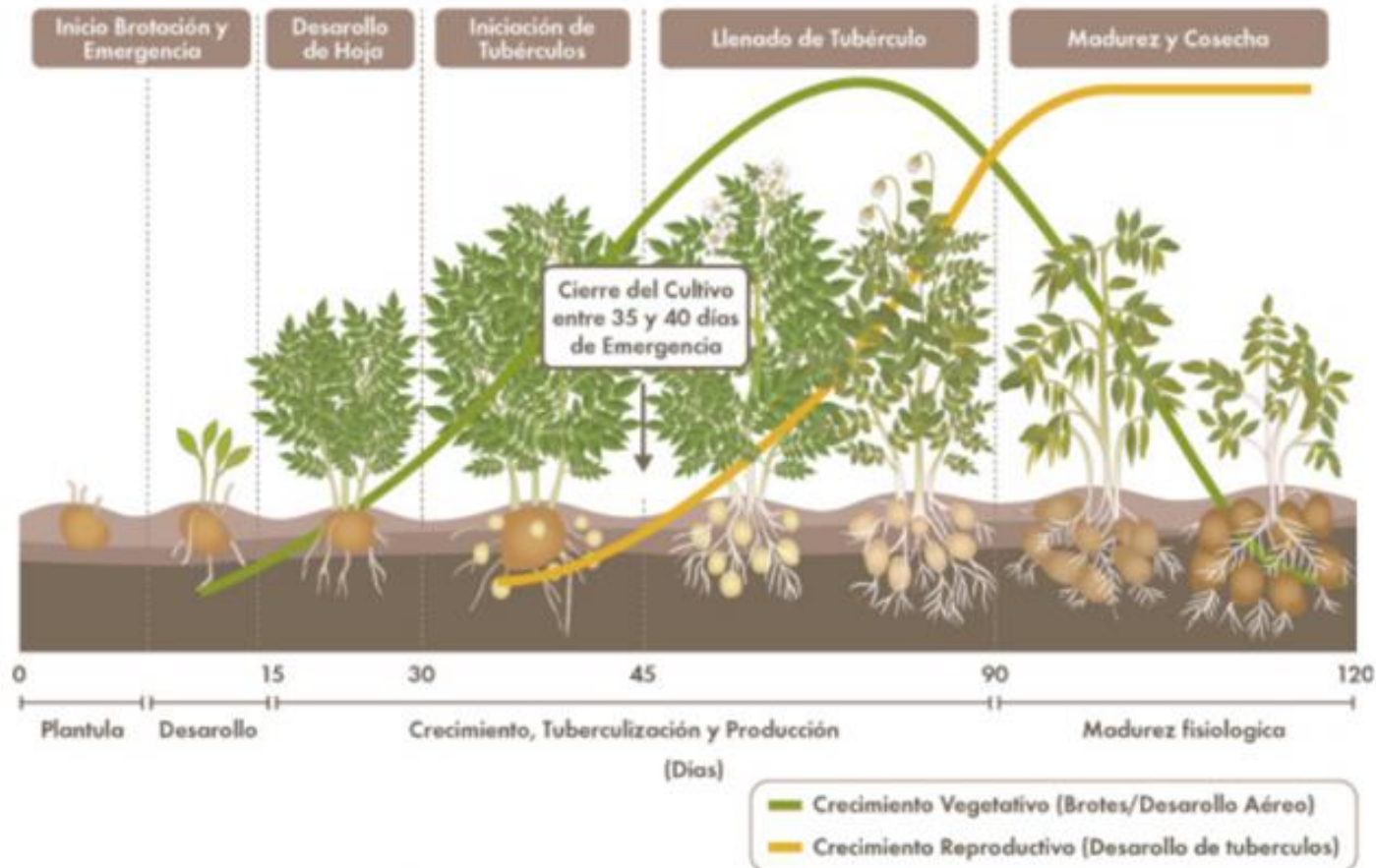
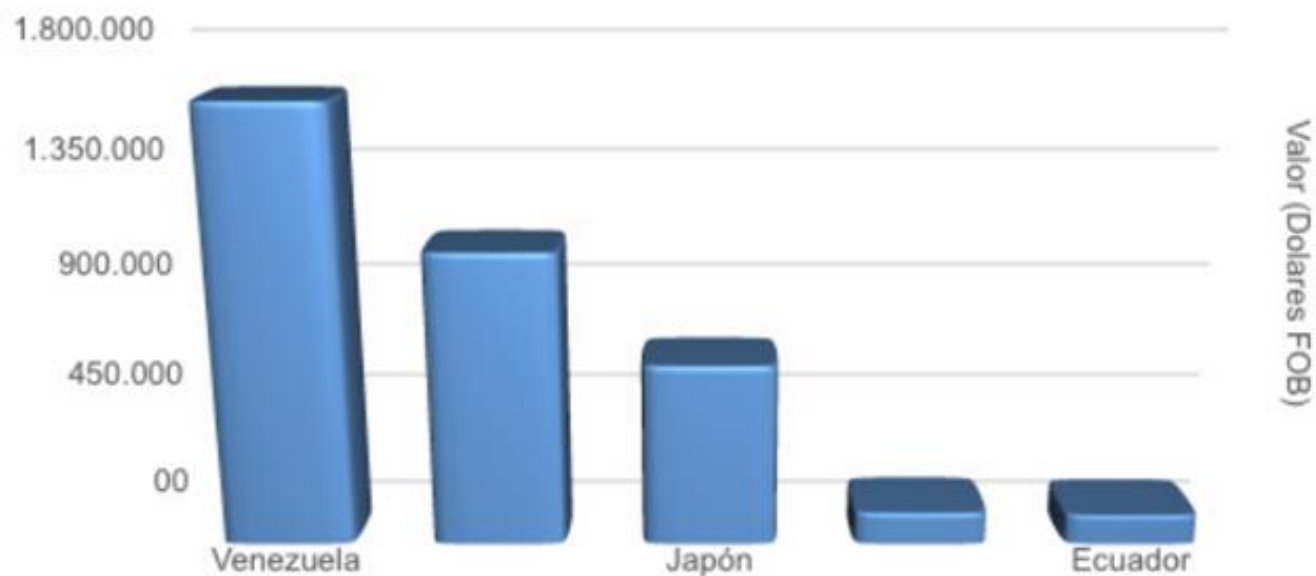


Figura 4. Etapas de crecimiento del cultivo de la papa. Fuente: SQM, 2015.

CONCEPTO	
Porcentaje Total Costos de Producción	100%
Semilla	7,06%
Enmiendas, Abonos y Fertilizantes	12,92%
Plaguicidas y coadyuvantes	7,84%
Empaques	2,66%
Maquinaria y preparación del suelo	3,57%
Mano de Obra	33,36%
Transporte	10,98%
Subtotal Costos Directos	78,43%
Costos indirectos	21,57%
Subtotal Costos Indirectos	21,57%
Valor total	\$9.934.297

Tabla 10. Costos de producción por hectárea de papa criolla - 2012 / Fuente: (Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA, 2014)



Países destino de las exportaciones

Figura 43. Distribución porcentual de los principales mercados de destino de las exportaciones de la papa. Fuente: (Cámara de Comercio de Bogotá CCB, 2014)

Clasificación	Nombre común	Nombre científico
Plagas de suelo/ tubérculo	Chizas	<i>Phylophaga obsoleta, Ancognata scarabaelodes- Clavipalpus ursinus</i>
	Gusano blanco de la papa	<i>Premnotrypes vorax</i>
	Tiroteador	<i>Naupactus sp</i>
	Polilla pequeña o palomilla	<i>Phtorimaea operculella</i>
	Polilla Guatemalteca	<i>Tecia solanivora</i>
	Babosa	<i>Milax gagates</i>
	Nematodos	<i>Meloidogyne sp, Globodera rostochiensis</i>
Plagas de follaje y/o frutos	Polilla pequeña o palomilla	<i>Phtorimaea operculella</i>
	Pulguilla	<i>Epitrix cucumeris</i>
	Afidos o pulgones	<i>Myzus sp y Aphis sp</i>
	Toston , mosco	<i>Lyriomyza huidobrensis</i>
	Trips	<i>Frankiniella tuberosi-thrips palmi</i>
	Mosca Blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>
	Gusanos de follaje	<i>Copitarsia consueta</i>
	Trozadores	<i>Agrotis ipsilon</i>
Plagas de Almacenamiento	Polilla pequeña o palomilla	<i>Phtorimaea operculella</i>
	Polilla Guatemalteca	<i>Tecia solanivora</i>
	Afidos	<i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i>

Tabla 3. Principales plagas que afectan el cultivo de la papa en Colombia.

Nombre común	Agente causal
Tizón tardío o GOTA	<i>Phytophthora infestans</i>
Alternaria-tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>
Rhizoctonia-costa negra	<i>Rhizoctonia solani</i>
Roya común	<i>Puccinia pittieriana</i>
Cinicilla o mildew polvoso	<i>Erysiphe cichoracearum</i>
Mortaja Blanca o palomillo	<i>Rosellinia sp</i>
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>
Pata Negra	<i>Erwinia carotovora</i>
Virus del enrollamiento de las Hojas (PLRV)	
Mop top (PMTV)	
Virus del amarillamiento de las venas (PVV)	

Tabla 4. Principales enfermedades del cultivo de papa en Colombia.

Los aislamientos cultivados en medio líquido LB (Luria Bertani) con triptófano al 0.1% de 18 a 24 horas

Se ajustaron todos los aislamientos a una concentración de 0.3 Abs en una longitud de onda de 600 nm

Se realizó una siembra masiva de cada uno de los 5 aislamientos en medio sólido LB

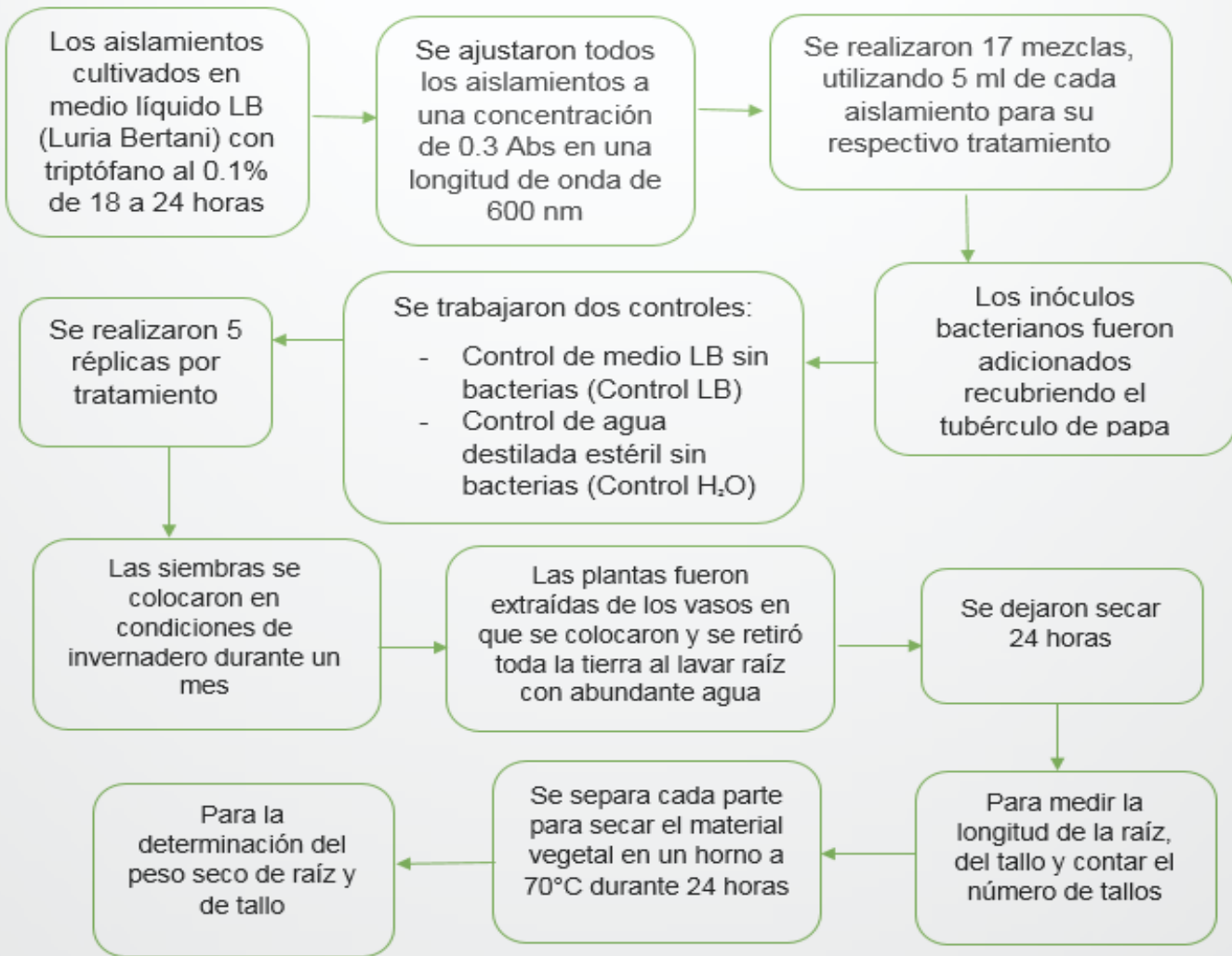
Se distribuyeron uniformemente sobre la siembra masiva discos de papel filtro inoculados con 10 uL de los demás aislamientos

Se incubaron 24h a 30°C

El ensayo se realizó por triplicado y se determinó el halo de inhibición alrededor del papel filtro.

- **Antagonismo entre aislamientos:** Presencia de halo alrededor del papel filtro
- **No hay antagonismo:** crecimiento uniforme alrededor del papel filtro

Este resultado fue criterio para seleccionar las mezclas bacterianas para los tratamientos en invernadero



Ceniza volante

