

## **Fertilización de Habichuela Larga con biopreparados bacterianos, materia orgánica y fertilizante NPK**

Fertilization of Yardlong bean with bacterial formulations, organic matter and inorganic NPK – Fertilizer

Ing. Iraida Bayard-Vedey<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7068-7942>

Dr.C. Teresa de los Milagros Orberá-Ratón<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9963-5134>

<sup>1</sup>Empresa Productora y Comercializadora de Semilla. UEB – Santiago de Cuba. Ministerio de la Agricultura (MINAG)

<sup>2</sup>Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Santiago de Cuba, Cuba

\*Autor para la correspondencia. correo electrónico: [director@semilla.scu.minag.cu](mailto:director@semilla.scu.minag.cu)

### **RESUMEN**

La Habichuela Larga es un alimento rico en vitaminas, proteínas y nutrientes. En Cuba se cultiva en organopónicos utilizando mezclas de materia orgánica, las cuales aportan nutrientes al cultivo pero carecen de fitohormonas y estimulantes del crecimiento vegetal. En este trabajo se evaluó el efecto de *Brevibacillus borstelensis* suplementada y sin suplementar con materia orgánica, sobre la germinación, floración y fructificación de Habichuela Larga en comparación con los efectos de materia orgánica y NPK. El biopreparado bacteriano solo o suplementado con materia orgánica aceleró la germinación de las semillas e incrementó la floración en comparación con las plantas tratadas con NPK y fertilización orgánica. La fructificación se mostró similar en plantas tratadas con la bacteria suplementada con materia orgánica y NPK. Se reportó por primera vez el efecto bioestimulante de *Brev. borstelensis* sobre leguminosas, mostrando potencialidades para la fertilización de hortalizas cultivadas en organopónicos.

**Palabras clave:** habichuela larga; inoculantes- bacterianos; estimulantes crecimiento – vegetal.

## ABSTRACT

The Yardlong bean is a nutritional food rich in proteins, vitamins and nutrients. In Cuba it is grown in organoponics on mixtures of organic matter, which supplied essential nutrients to the crop but are plant hormones deficient. It was evaluated plant growth promoting effects of *Brevibacillus borstelensis* supplemented and non-supplemented with organic matter, on seeds germination, flower emergence and fruits formation of yardlong bean, in compare to organic matter and NPK-inorganic fertilizer treated plants. The bacteria bioproduct supplemented with organic matter enhanced seeds germination and number of flower in compare to NPK-treated and organic matter-treated plants. However, fruits formation was equal in plants fertilized with *Brev. borstelensis* supplemented with organic matter and NPK-treated. It was reported for the first time the biostimulant effect of *Brev. borstelensis* on leguminous species. The bacteria specie shows potential to be applied as biofertilizer on horticulture crops.

**Keywords:** yardlong beans; bacterial – inoculant; plant- growth – stimulators.

Recibido: 21/5/2020

Aprobado: 1/9/2020

## Introducción

La Habichuela Larga (*Vigna unguiculata*, L) es una especie de leguminosa que se utiliza como alimento humano y animal rico en proteínas y minerales (N, P, K, Ca y Mg), la cual constituye además una fuente de Fe y Zn. El cultivo de la especie se mantiene básicamente mediante fertilización inorgánica tradicional con NPK y fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz,<sup>(1)</sup> los cuales aportan nutrientes minerales a los cultivos pero carecen de fitohormonas y otras sustancias bioestimulantes. En el mundo son diversas las especies de leguminosas cuyas vainas se utilizan como fuente de alimento animal y humano, bajo la denominación de habichuelas, entre las que se encuentra la especie *Vigna unguiculata*.<sup>(1)</sup>

Los ecosistemas agrícolas y entre estos los pertenecientes a al sistema de la agricultura urbana y periurbana poseen una elevada biodiversidad, que contribuye a la producción sostenible de alimento y al papel de la agricultura como principal sector del crecimiento económico en países en desarrollo.<sup>(2)</sup> Sin embargo, las demandas de nutrientes en los sistemas agrícolas contemporáneos se suplen a través del uso de agroquímicos, trayendo como consecuencia impactos negativos en los ecosistemas agrícolas tales como lixiviación de nitratos en los suelos agrícolas y contaminación de las fuentes de abasto de agua. El empleo de las RECV como biofertilizantes es una opción sustentable para favorecer la disponibilidad de los elementos nutritivos, el crecimiento de las plantas y los rendimientos.<sup>(3)</sup>

En la literatura existen muy pocos estudios sobre el uso de rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (RECV) en la fertilización de las más diversas variedades de Habichuela Larga. Las RECV contribuyen al crecimiento en plantas a través de la producción de hormonas vegetales y la solubilización de fuentes de N y P.<sup>(3)</sup> Diversas cepas del género *Brevibacillus*, entre ellas miembros de la especie *Brev. borstelensis*, fueron aisladas de raíces de caña de azúcar y mostraron potencialidades para la estimulación del crecimiento en plantas. El mecanismo de acción utilizado involucra la producción de sustancias químicas de origen orgánico tales como, las fitohormonas ácido indolacético (AIA) y etileno; pero también, la solubilización de fosfato de calcio y producción de enzimas degradadoras de substratos ricos en celulosa y pectina, polímeros que utiliza como fuentes de C y energía; cuya degradación contribuye a aportar C, N y otros nutrientes importantes al suelo.<sup>(4)</sup>

Las estrategias desarrolladas para incrementar la productividad de cultivos de habichuela y otras leguminosas se enfocan en la selección de marcadores genotípicos y fenotípicos, así como el cruzamiento genético.<sup>(5)</sup> Sin embargo, aún persisten los bajos niveles de productividad de los cultivos.<sup>(6)</sup> Estudios recientes publicaron los efectos positivos que ejercen fertilizantes orgánicos sobre la Habichuela Larga.<sup>(7)</sup> Sin embargo, las estrategias de fertilización más beneficiosas deben ser aquellas que combinan el uso de fertilizantes orgánicos, el mejoramiento genético y los microorganismos estimuladores del crecimiento vegetal.

Estudios recientes muestran la actividad bioestimulante de una cepa autóctona de *Brevibacillus borstelensis* sobre berenjena, ají Chay y remolacha, en condiciones de organopónico. Este microorganismo incrementó los índices de germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas, la formación de flores y los rendimientos productivos de dichos cultivos.<sup>(8-10)</sup> Sin embargo, se desconocen los efectos de esta especie bacteriana y otras pertenecientes a la clase Bacilli sobre cultivos de leguminosas. En la presente investigación se evalúa el efecto de un biopreparado de *Brev. borstelensis* sobre la germinación, formación de flores y vainas de Habichuela Larga cultivada en organopónico.

## **Materiales y métodos**

La investigación se realizó entre los meses de Febrero y Mayo de 2019, los cuales se enmarcan el período de siembra de la Habichuela Larga. Los experimentos de campo se realizaron en el centro de reproducción de la Biofábrica de Santiago de Cuba, ubicada a 5.5 Km del noreste de la ciudad de Santiago de Cuba.

### **Material biológico**

Se utilizó la especie de leguminosa Habichuela Larga (*Vigna unguiculata*, L). var. Lina, la cual es una variedad agrícola tropical y autóctona para Cuba.<sup>(11)</sup> Se utilizaron semillas certificadas por el Sistema de Inspección y Certificación de Semillas (SICS) de Santiago de Cuba.

Como inoculante bacteriano se utilizó una cepa autóctona de *Brevibacillus borstelensis*, perteneciente a la Colección de Cultivos del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), de la Universidad de Oriente.<sup>(12)</sup> La preparación del inóculo se realizó a partir de una modificación de la metodología propuesta por Nápoles *et al* (2014),<sup>(8)</sup> consistente en el uso del biopreparado compuesto, la bacteria crecida durante 24 h a 120 rpm en Caldo Nutriente BIOECN sin centrifugar, a una concentración bacteriana de  $10^6$  UFC.mL<sup>-1</sup>. Para la inoculación, las semillas fueron embebidas durante 20 min en la suspensión bacteriana en el momento de la siembra. La siembra se realizó de forma directa, a razón de 2 semillas por nidos en canteros de 2 m de largo x 1 m de ancho. El suelo utilizado fue de tipo renchina roja.

### **Caracterización química del suelo**

La caracterización química del suelo se realizó previo a la siembra de las semillas de Habichuela Larga, en el Laboratorio de Servicio Agroquímico del Departamento Provincial de Suelos, perteneciente a la Delegación Provincial de la Agricultura en la provincia de Granma, Cuba. Se analizaron 68 muestras de suelo procedentes de los bloques al azar, que constituyen los tratamientos en cada uno de los canteros utilizados para la siembra.

Las muestras de suelos fueron colectadas abarcando una profundidad de 5 cm de la superficie del suelo, a razón de 10 muestras por cada tratamiento. Se determinó el pH, contenido de potasio (K) y fósforo (P). El contenido de K se expresó en miligramos (mg) de óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) por cada 100 mg de suelo analizado, mientras que el P se expresó en miligramos de pentóxido de difósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) por cada 100 g de suelo analizado. La caracterización de las muestras de suelo se realizó atendiendo a las Normas Cubanas para el Análisis de Suelos Agrícolas (NC 51 y 52-1999).<sup>(13, 14)</sup> Los resultados de la caracterización de las muestras de suelo se presentan en la tabla 1. Se hace referencia a los valores en la sección de resultados y discusión cuando es pertinente.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro tratamientos, los cuales se describen en la tabla 2. Se realizaron 4 réplicas por cada tratamiento. Para la medición de las variables que caracterizaron el crecimiento y desarrollo de las plantas se seleccionaron 10 plantas por cada cantero y se desecharon las plantas de los extremos para evitar el efecto de borde. Las semillas se sembraron en canteros con un marco de plantación de (0,60 x 0,15) m. Las atenciones culturales aplicadas fueron las establecidas por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) para el cultivo de Habichuela Larga, según lo establecido en el Manual Técnico para Organopónicos y Huertos Intensivos.<sup>(15)</sup> La fertilización orgánica y con NPK fue realizada una sola vez previa a la siembra de las semillas. Las variables medidas fueron porcentaje de germinación de las semillas (%), cantidad de flores (N), cantidad de vainas por plantas (N), largo de las vainas (cm) y cantidad de semillas por vaina (N). Los datos se refieren en los histogramas presentados en las Fig. 2, 3 y 4 en la sección de resultados y discusión.

**Tabla 1 - Caracterización química de las muestras de suelo utilizadas en el cultivo de Habichuela Larga en condiciones de organopónico**

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA															
DEPARTAMENTO PROVINCIAL DE SUELOS															
Carretera Central No 371 % 1a y Manuel del Socorro Roberto Reyes. Bayamo. Granma															
<a href="mailto:director@slo.grm.minag.gob.cu">director@slo.grm.minag.gob.cu</a> . Teléfonos 42 2757 y 42 3715															
Resultados de Análisis de Suelos servicio Agroquímico															
Empresa: UEB Semillas Santiago de Cuba				Provincia: Santiago de Cuba				Municipio: Santiago de Cuba				Año: 2019			
Procedencia:															
Cultivo: Habichuela China				Agroquímica # : 37				Cantidad de Muestras: 68							
Método analítico: Oniani				Fecha de entrega de análisis				Normas empleadas: NC 52-1999. NC 2001-2015							
# de mtra	# de Lab	# de campo	Coordenadas	Productor o lugar	Lote	Área (ha)	pH KCl	Eval.	P2O5 mg/100g	Eval.	K2O mg/100g	Eval.	% MO	Eval.	
29	107	1,1		Biofábrica			6,2	Neutro	+40	A	+100	A			
30	108	1,2		Biofábrica			6,7	Neutro	+40	A	85,71	A			
31	109	1,3		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	91,42	A			
32	110	1,4		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	77,14	A			
33	111	2,1		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	71,42	A			
34	112	2,2		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	+100	A			
35	113	2,3		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	80,0	A			
36	114	2,4		Biofábrica			6,7	Neutro	+40	A	60,0	A			
37	115	3,1		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	52,0	A			
38	116	3,2		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	74,28	A			
39	117	3,3		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	71,42	A			
40	118	3,4		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	36,362	A			
41	119	4,1		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	29,090	A			
42	120	4,2		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	23,636	A			
43	121	4,3		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	29,090	A			
44	122	4,4		Biofábrica			6,9	Neutro	+40	A	27,272	A			
45	123	AS		Biofábrica			6,8	Neutro	+40	A	36,362	A			

**Tabla 2 - Descripción de los diferentes tratamientos de fertilización de Habichuela Larga.**

Tratamiento	Denominación	Descripción	Fertilización del suelo	Observaciones
T1	BB	Semillas de Habichuela Larga embebidas durante 20 min en biopreparado de <i>Brevibacillus borstelensis</i> BB	Sin fertilizar	-
T2	BB + MO	Semillas de Habichuela Larga embebidas durante 20 min en biopreparado de <i>Brevibacillus borstelensis</i> BB	Materia Orgánica (MO): Mezcla de estiércol vacuno fresco + cachaza de caña de azúcar (1:1)	Se adicionó una capa de 60 cm de MO en cada cantero previo a la siembra de las semillas
T3	MO	Semillas de Habichuela Larga sin inocular	Materia Orgánica (MO): Mezcla de estiércol vacuno fresco + cachaza de caña de azúcar (1:1)	Se adicionó una capa de 60 cm de MO en cada cantero previo a la siembra de las semillas
T4	NPK	Semillas de Habichuela Larga sin inocular	Fórmula completa de fertilizante NPK	Se adicionó a razón de 144 gm <sup>2</sup> (= 180 g por canteros)

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó a través de un ANOVA-I a una significación estadística de  $P < 0,05$ . Las diferencias significativas entre las muestras de los diferentes tratamientos se

determinaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey a un 95 % de confianza. Los datos correspondientes a la desviación standard y las diferencias estadísticas de las muestras se reflejan en los histogramas y tablas de Resultados. El análisis estadístico se realizó a través del programa Prism 7 para Windows.<sup>(16)</sup>

## Resultados y discusión

Los cultivos de Habichuela Larga fueron sembrados en un suelo arenoso rojo, arcilloso y rico en Carbonatos, el cual es pobre en nutrientes. Sin embargo, el análisis químico de las muestras de suelo tomadas antes de la siembra (Fig. 1), revelaron condiciones nutricionales balanceadas y óptimas para el cultivo, caracterizadas por un pH neutro, elevado contenido de fósforo (P) y potasio (K) con valores por encima de 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cada 100 g de suelo y entre 29 - >100 mg K<sub>2</sub>O por cada 100 g of suelo, respectivamente. Estos valores corresponden a un suelo de Clase A, atendiendo a las Normas Cubanas establecidas.<sup>(13,14)</sup> Lo anterior se debe al hecho de que los organopónicos en Cuba se establecen en suelos pobres nutricionalmente, los cuales se suplementan con materia orgánica, convirtiéndolos en sustratos altamente productivos, ricos en nutrientes disponibles para las plantas.<sup>(17)</sup>

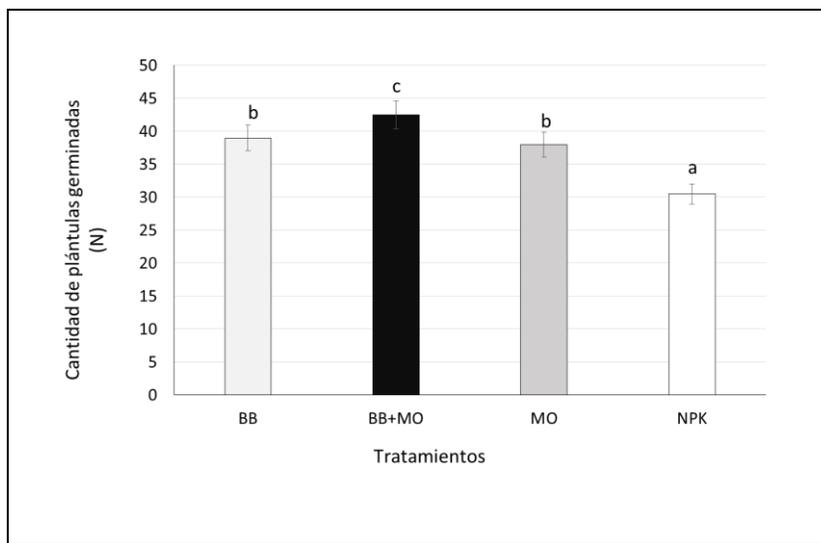
A continuación, se exponen y discuten los efectos de las diferentes estrategias de fertilización evaluadas sobre este cultivo.

### *Germinación de Habichuela Larga cultivada en diferentes condiciones de fertilización:*

En la Fig. 1 se observa el efecto estimulante de la germinación en semillas de Habichuela Larga, que ejerció el biopreparado compuesto de una mezcla de BB + materia orgánica (T2). Las diferencias significativas entre los tratamientos a un 95 % de confianza al tercer día posterior a la siembra, muestran una mayor cantidad de plántulas germinadas a partir de semillas tratadas con BB+MO con diferencias significativas respecto a los restantes tratamientos. El valor más bajo de primordios germinados se observó a partir de semillas tratadas con fórmula completa (NPK), mostrando igualmente diferencias significativas respecto a los restantes grupos de fertilización. Las plántulas tratadas con la bacteria (T1) y materia orgánica (T3) indistintamente, no mostraron diferencias significativas entre ellas (Fig. 2). La mezcla inoculante de la bacteria suplementada con MO (T2) incidió principalmente en la emergencia de las plántulas, debido a que al tercer día después de la siembra habían germinado el 98% de las semillas, lo cual acelera el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es válido tener en cuenta el efecto de la materia orgánica, la cual potenció el efecto estimulante de la bacteria debido a su aporte en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas como carbono y nitrógeno orgánicos, abundantes en estos sustratos compuestos por estiércol vacuno y cachaza de caña de azúcar.

El efecto estimulante de la bacteria *Brev. borstelensis* sobre la germinación puede deberse a la producción de fitohormonas por dicho microorganismo, tales como ácido indolacético (AIA) y etileno.<sup>(4)</sup> Los procesos de dormancia y germinación de las semillas se regulan a través del

balance de sustancias hormonales de origen externo, tales como: las giberelinas, ácido abscísico y etileno. El etileno en específico incide sobre la ruptura del estado de dormancia de las semillas, acelerando la germinación a partir de la emergencia.<sup>(18)</sup> Por su parte, la fórmula completa NPK contribuye al desarrollo de las plantas aportando nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio, pero carece de compuestos bioactivos excretados por *Brev. borstelensis*, así como en la materia orgánica, por ende su efecto sobre la germinación es mucho menor según se aprecia en la Fig. 2.

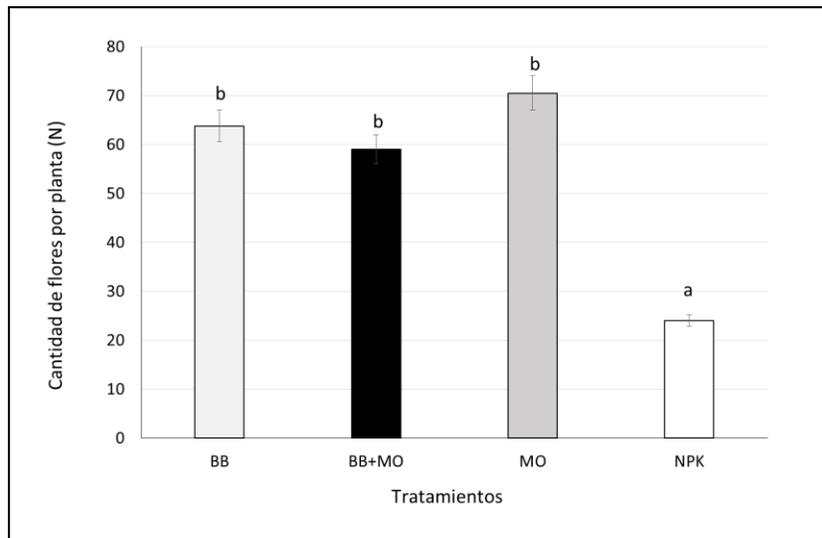


**Fig. 1** - Germinación de Habichuela Larga en diferentes estrategias de fertilización. Desviación estándar ( $\sigma$ ) al 5%. Diferencias significativas a  $P \leq 0,05$

#### *Floración de Habichuela Larga cultivada en diferentes condiciones de fertilización:*

La evaluación de la cantidad de flores por plantas se realizó entre los días 37 y 40 posterior a la siembra. La emergencia floral se puso de manifiesto a partir de los 40 d, (Fig. 2). La floración fue mayor en plantas tratadas con el inóculo bacteriano (T1), seguido de las plantas tratadas solo con MO (T3) y la mezcla de *Brev. borstelensis* suplementada con MO (T2), aunque sin diferencias significativas entre estos tres tratamientos. La emergencia floral en plantas tratadas con fórmula completa (NPK) fue inferior, con diferencias altamente significativas respecto a los tratamientos restantes a un 95% de confianza. Como se aprecia, la floración fue superior en plantas tratadas con la bacteria inoculante y nuevamente se aprecia la influencia de la materia orgánica, al estimular los efectos bioestimulantes de este microorganismo. Lo anterior puede deberse a la producción de ácido indolacético por la bacteria *Brev. borstelensis*, así como por la presencia de fósforo (P) y otros nutrientes disponibles en el sustrato para la nutrición de las plantas. La especie bacteriana evaluada produjo más de  $4600 \text{ ng mL}^{-1}$  de AIA y de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  de fosfato en condiciones óptimas de cultivo *in vitro*, reportadas previamente por Orberá y colaboradores en 2012.<sup>(4)</sup> Estudios previos informan la estimulación de la floración en especies de Bromelias por bacterias productoras de auxinas y

cultivadas en suelo suplementado con estiércol vacuno,<sup>(19)</sup> lo cual coincide con las condiciones experimentales de la presente investigación. Las auxinas, como el ácido indolacético (AIA) constituyen reguladores hormonales de los procesos de floración y formación de los frutos. En el caso de la floración, la estimula no sólo a través de la emergencia floral, sino también el crecimiento de las diversas partes de la flor y la femineidad.<sup>(20)</sup>



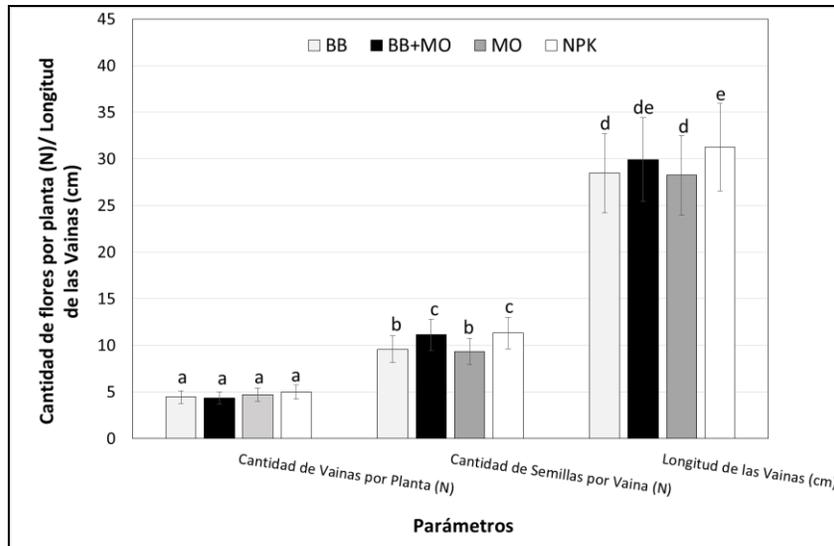
**Fig. 2** - Emergencia floral en plantas de Habichuela Larga cultivadas en diferentes estrategias de fertilización

#### *Fructificación de Habichuela Larga cultivada en diferentes condiciones de fertilización:*

El efecto de las diversas estrategias de fertilización en cultivos de Habichuela Larga fue evaluado a través de la formación de las vainas, su longitud y la cantidad de semillas por vainas (Fig. 3). El número de vainas formadas fue superior en plantas tratadas con fertilización NPK (T4) y en las tratadas con materia orgánica (T3), mientras que la menor cantidad de vainas se determinó en plantas tratadas con *Brev. borstelensis* suplementada con MO (T2). No obstante, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre los 4 tratamientos. La cantidad de semillas por vaina también fue estadísticamente superior en plantas tratadas con NPK (T4) y T2, mientras que los valores inferiores se determinaron en plantas tratadas con la bacteria (T1) y MO (T3), mostrando también diferencias significativas respecto a T2 y T4 a un 95% de confianza. La longitud de las vainas mostró un comportamiento similar, siendo estadísticamente mayor en plantas tratadas con los tratamientos T4 y T2. Las vainas más pequeñas se determinaron en plantas tratadas con T1 y T3, sin diferencias entre ellos (Fig. 3).

Como se observa, a diferencia de los parámetros evaluados anteriormente, la formación de vainas respondió mejor a la fertilización inorgánica tradicional, en comparación a la fertilización con el inoculante bacteriano y la materia orgánica. Lo anterior se debe al aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas que realizan los fertilizantes tradicionales, en especial nitrógeno (N), cuya presencia en los granos de leguminosas es esencial para la composición proteica de los mismos. Resultados similares se reportaron para

la especie de habichuela *Vigna radiata* L.<sup>(21)</sup> Sin embargo, el número de vainas, al igual que la longitud de las mismas fue similar en plantas tratadas con T2 en comparación con el fertilizante inorgánico tradicional, lo cual constituye un resultado relevante pues permite a los autores sugerir la sustitución del NPK por la inoculación con la cepa autóctona de *Brev. borstelensis* en cultivos de Habichuela Larga suplementados con materia orgánica, siendo esta una opción ecológicamente más favorable y menos costosa.



**Fig. 3** - Formación de frutos en Habichuela Larga tratadas con diferentes estrategias de fertilización

En la investigación se informó por primera vez la bioestimulación de Habichuela Larga por la especie bacteriana *Brev. borstelensis* suplementada con la mezcla de estiércol vacuno y bagazo de caña en proporción 1:1. El efecto positivo de la bacteria sobre el cultivo de leguminosa se expresó con un aumento de la germinación de las semillas hasta el 98% a los tres días después de sembradas, la formación de mayor número de flores y vainas. Igualmente, las vainas tratadas con la bacteria mostraron mayor longitud.

Resultados similares con aislados similares se han obtenido en hortalizas cultivadas en organopónico, como son ají Chay y berenjena,<sup>(8,9)</sup> así como en remolacha.<sup>(10)</sup> Los substratos orgánicos utilizados en los Organopónicos, estiércol vacuno en este caso y el IHPlus,<sup>(8,9)</sup> produjeron un efecto sinérgico en la actividad bioestimulante de la bacteria, debido a que el microorganismo es capaz de obtener C, N y otros nutrientes esenciales a partir de la degradación enzimática de substratos ricos en urea, celulosa y pectina,<sup>(4)</sup> acelerando su crecimiento y potenciando la actividad fisiológica. La estimulación de la floración en berenjena y ají Chay en cultivo a cielo abierto, ejercida por *Brevibacillus borstelensis*, fue también informada previamente por Orberá y cols. en 2014;<sup>(9)</sup> lo cual coincide con autores que reportaron los efectos del AIA sobre la inducción de la floración en cultivos de piña.<sup>(19)</sup>

## Conclusiones

En el presente trabajo se demuestra el efecto estimulante de la bacteria estimuladora del crecimiento vegetal *Brevibacillus borstelensis* sobre parámetros que describen el crecimiento y desarrollo de la Habichuela Larga (*Vigna unguiculata*, L), como son germinación y formación de flores, así como en el proceso de fructificación de este cultivo. Estos resultados permiten sugerir la sustitución de un fertilizante inorgánico costoso y con efectos negativos sobre el medio ambiente como la fórmula completa NPK por la inoculación de la bacteria, preferiblemente suplementada con estiércol vacuno y bagazo de caña, en el cultivo de Habichuela Larga.

## Referencias bibliográficas

1. TOFIÑO RIVERA, A. P y OTROS. *Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo colombiano*. Mosquera, Colombia: Agrosavia, 2018. ISBN e- Book: 978-958-740-265-0.
2. NEHRA, V y OTROS. "Evaluation of *Brevibacillus brevis* as a potential plant growth promoting rhizobacteria for cotton (*Gossypium hirsutum*) crop". *Springer Plus*. 2016, **5**, 948. ISSN: 2193-1801.
3. COMPANT, S.; CLÉMENT C.; SESSITSCH, A. "Plant growth-promoting bacteria in the rhizo and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization". *Soil Biology and Biochemistry*. 2010, **42**, 669-678. ISSN: 0038-0717.
4. ORBERÁ RATÓN, T. M.; YANO, R.; RODRÍGUEZ GÁMEZ, O.; SEGAL FLOH, E. I., SERRAT DÍAZ, M. J.; RAMOS BARBOSA, H. "Isolation and characterisation of aerobic endospore forming Bacilli from sugarcane rhizosphere for the selection of strains with agriculture potentialities". *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2012, **28**, 1593-1603. ISSN: 0959-3993, 1573-0972.
5. BOUKAR, O.; BELKO, N.; CHAMARTHI, S.; TOGOLA, A.; BATIENO, J.; OWUSU, E.; HARUNA, M.; SORY, D.; LAWAN UMAR, M.; OLUFAJO, O.; FATOKUN, C. H. "Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding". *Plant Breeding*. 2018, 1–10. ISSN: 1439-0523.
6. ARUMUGAM SATHYA, A.; VIJAYABHARATHI, R.; GOPALAKRISHNAN, S. "Plant growth-promoting actinobacteria: a new strategy for enhancing sustainable production and protection of grain legumes". *3 Biotech*. 2017, **7**, 102. ISSN, 2190572X.
7. ISLAM, M. A.; BOYCE, A. N.; RAHMAN MDM AZIRUN, M. S.; ASHRAF, M. A. "Effects of organic fertilizers on the growth and yield of bush bean, winged bean and yard long bean". *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2016. **59**(Spec Iss 1), e16160586. ISSN: 1516-8913.

8. NÁPOLES, S.; SERRAT, M.; ORTEGA, E.; RAMOS BARBOSA, H.; ORBERÁ T. “Efectos de *Brevibacillus borstelensis bortelensis* BB sobre la germinación y el desarrollo de posturas de hortalizas en fase de semillero”. *Cultivos Tropicales*. 2014. **35**(3), 17-23. ISSN: 1819-4087.
9. ORBERÁ RATÓN, T. M.; NÁPOLES, S.; SERRAT, M. J.; RAMOS BARBOSA, H.; ORTEGA, E. “The New Rhizospheric Bacteria *Brevibacillus borstelensis* Benefits Eggplant and Peeper Growth and Productivity Under Organoponic System”. *Agriculture Research*. 2014, **3**(4), 395–398. ISSN: 2249-7218, 2249-720X.
10. TÉLLEZ SORIA, T.; ORBERÁ RATÓN, T. M. “Efecto estimulador del crecimiento de dos biopreparados biotecnológicos en cultivos de remolacha (*Beta vulgaris* L.)”. *Revista Cubana de Química*. 2018. **30**(3), 483-494. ISSN: 2224-5421.
11. ORTIZ, R.; VERA, C. “Estudio de la biodiversidad en huertos agrícolas urbanos de dos municipios de ciudad de la Habana. Caracterización de las accesiones del género *Vigna*”. *Cultivos Tropicales*. 2001. **22**(4), 17-24. ISSN: 1819-4087.
12. ORBERÁ, T. M.; CAMACHO, M.; LEBEQUE, Y.; SERRANO, M.; RODRÍGUEZ, S. “The Industrial Biotechnology Study Centre Wild Type Culture Collection”. *World Federation for Culture Collections Newsletter*. 2011. **50**, 15-18. ISBN: 4-486-07065-8 C3045.
13. Oficina Nacional de Normalización. Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del porcentaje de materia orgánica. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 51, 1999.
14. Oficina Nacional de Normalización. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 52, 1999.
15. MARTÍNEZ OLIVA, E. *Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida*. 7ma Edición. La Habana: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales/Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, 2010. ISBN: 959-246-030-2.
16. RADUSHEV, D y OTROS. Prism 7 for Windows. Version 7.04. November 28, 2017. © 1992–2017, GraphPad Software Inc.
17. ORSINI, F.; KAHANE, R.; NONO-WOMDIM, R.; GIANQUINTO, G. “Urban agriculture in the developing world: a review”. *Agronomy for Sustainable Development*. 2013, **33**, 695-720. ISSN: 1774-0746.
18. PESSARAKLI, M (Editor). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. 2da Edición. New York: Marcel Dekker, 2001. 973Pp. ISBN: 0-8247-0546-7.
19. SCHOOLEY, J (Editor). *Introduction to Botany*. 2da Edición. New York, 1997. 581Pp. ISBN: 0-8273-7378-3.
20. DAVIES, P J. “The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions”. En: PETER J., DAVIES (Editor). *Plant Hormones: Biosynthesis, signal transduction, action!*. 3ra Edición. Cornell University, Ithaca, New York, Springer, pp. 1-12. 2014. ISBN: 978-1-4020-2686-7.
21. YIN, Z.; GUO, W.; XIAO, H.; LIANG, J.; HAO, X.; DONG, N.; ET AL. “Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization to achieve expected yield and improve yield components of mung

bean". *PLoS ONE*. 2018, **13**(10), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206285>. ISSN: 1932-6203.

### **Conflicto de interés**

Los autores expresan que no hay conflictos de intereses en el manuscrito presentado.

### **Contribución de los autores**

Ambas autoras contribuyeron en partes iguales a la investigación presentada en el presente trabajo, desde su concepción y diseño, revisión del tema, realización de la experimentación, interpretación de los resultados, escritura y revisión final del artículo.