



Terra Latinoamericana

ISSN: 0187-5779

ISSN: 2395-8030

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

García-Bernal, Milagro; Ojeda-Silvera, Carlos Michel; Batista-Sánchez,  
Daulemys; Abasolo-Pacheco, Fernando; Mazón-Suástegui, José Manuel  
Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad  
Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos

Terra Latinoamericana, vol. 38, núm. 1, 2020, Enero-Marzo, pp. 137-147  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.583>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57363014>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos

## Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Quivican variety to the application of homeopathic medicines

Milagro García-Bernal<sup>1,2</sup> , Carlos Michel Ojeda-Silvera<sup>1</sup> , Daulemys Batista-Sánchez<sup>1</sup> ,  
Fernando Abasolo-Pacheco<sup>3</sup>  y José Manuel Mazón-Suástegui<sup>1‡</sup> 

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Av. I. P. N. No. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur. 23096 La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>‡</sup> Autor para correspondencia / Corresponding author (jamazon04@cibnor.mx)

<sup>2</sup> Universidad Central de las Villas (CBQ). Carretera a Camajuaní km 5.5. Santa Clara, Provincia de Villa Clara, Cuba.

<sup>3</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Campus "Ingeniero Manuel Agustín Haz Álvarez". Av. Quito km 1 1/2 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

### RESUMEN

Se evaluó la respuesta de *Phaseolus vulgaris* L. variedad Quivicán, a la aplicación de medicamentos homeopáticos como promotores del crecimiento durante su desarrollo vegetativo inicial. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos homeopáticos: TH1 [MgM-31CH (*Magnesium metallicum* 31 CH)], TH2 [MaMnP-3CH (*Magnesium-Manganum phosphoricum*)], TH3 [TH1 + TH2], y agua destilada como Control. Los análisis mostraron los mejores resultados en las plantas que recibieron TH3, con incrementos significativos ( $P \leq 0.05$ ) respecto al control en las siguientes variables de respuesta: longitud del tallo (47.14%) y de raíz (30.27%); biomasa fresca de raíz (13.57%), de hojas (68.36%) y tallo (11.88%); biomasa seca de hojas (84.72%) y tallo (36.11%); área foliar (21.74%); diámetro del tallo (39.54%) y número de hojas (16.66%). Estos resultados confirman que la homeopatía agrícola es una alternativa eco-amigable y tecnológicamente viable para el cultivo de frijol, porque al estimular el crecimiento permite la obtención de plantas más vigorosas con mayor potencial productivo y menos dependientes de los agroquímicos. En virtud de que los medicamentos homeopáticos son inocuos, también se mejora el equilibrio del agroecosistema, logrando un impacto positivo a corto, mediano y largo plazo; aplicable en la producción agrícola convencional y orgánica.

### SUMMARY

The response of *Phaseolus vulgaris* L. variety Quivican to the application of homeopathic medicines as growth promoters was assessed during its initial plant development. A completely randomized experimental design was applied with three homeopathic treatments: TH1 [MgM-31CH (*Magnesium metallicum* 31 CH)], TH2 [MaMnP-3CH (*Magnesium-Manganum phosphoricum*)], TH3 [TH1 + TH2], and distilled water as Control group. The analyses showed the best results in the plants that received TH3 with a significant increase ( $P \leq 0.05$ ) with respect to the control group in the following response variables: length of stem (47.14%) and root (30.27%); biomass of fresh root (13.57%), leaves (68.36%) and stem (11.88%); dry biomass of leaves (84.72%) and stem (36.11%); leaf area (21.74%), stem diameter (39.54%) and number of leaves (16.66%). These results confirm that agricultural homeopathy is an eco-friendly and technologically viable alternative for bean cultivation because it stimulates growth, which allows obtaining more vigorous plants with greater productive potential and less dependent on agrochemicals. Because homeopathic medicines are harmless, the balance of the agroecosystem is also improved, achieving a positive impact in the short, medium and long term besides their application in conventional and organic agricultural production.

#### Cita recomendada / Recommended citation:

García-Bernal, M., C. M. Ojeda-Silvera, D. Batista-Sánchez, F. Abasolo-Pacheco y J. M. Mazón-Suástegui. 2020. Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos. Terra Latinoamericana Número Especial 38-1: 25-35.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.583>

Recibido / Received: junio 3 / June 03, 2019

Aceptado / Accepted: diciembre 6 / December 06, 2019.

Publicado en / Published in Terra Latinoamericana 38: 25-35.

**Palabras clave:** homeopatía agrícola, promoción del crecimiento, leguminosas.

**Index words:** agricultural homeopathy, growth promotion, legumes.

## INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las legumbres comestibles de mayor consumo a nivel mundial y una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales en la dieta de las diversas poblaciones que habitan el continente americano, principalmente en países en vías de desarrollo (Suárez-Martínez *et al.*, 2016).

Con el uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura se ha incrementado la resistencia de los organismos-plaga, con una repercusión negativa en el ambiente porque para combatirlos se aplican estos productos en cantidad creciente, siendo periódicamente sustituidos por agroquímicos de nueva generación, cada vez más potentes y también más nocivos para el ambiente (Meneses, 2017). Los agroquímicos de nueva generación poseen también sustancias tóxicas bioacumulables en las plantas tratadas, que se acumulan también en los animales o humanos que finalmente se alimentan de ellas. En este contexto, se justifica totalmente la investigación y desarrollo de alternativas ecoamigables con alto grado de inocuidad y actividad elicitora ante el estrés biótico y abiótico, que permitan sustituir parcial o totalmente, a otros productos altamente contaminantes en los agroecosistemas (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019). Una alternativa es el uso de microorganismos promotores de crecimiento en plantas en plantas, que puede potenciar el crecimiento de su sistema radicular y fortalecer su capacidad de respuesta ante diversos patógenos, además de aumentar la producción de biomasa vegetal (Leal-Almanza *et al.*, 2018). Otra alternativa es el uso de bio-estimulantes ricos en aminoácidos propios del metabolismo celular de las plantas, como VIVA®, FitoMas-E® y otros productos comerciales capaces de influir en los procesos fisiológicos de las plantas, estimulando su desarrollo, crecimiento y producción biológica (Kocira *et al.*, 2015; Koleska *et al.*, 2017; Batista *et al.*, 2017).

Una tercera opción, menos estudiada, es la medicina homeopática. La homeopatía es una disciplina de la ciencia médica universal, basada en reconocer la capacidad innata del organismo para mantenerse en equilibrio consigo mismo y con su entorno, que puede ser aplicada a todos los seres vivos (Andrade, 2004<sup>1</sup>;

## INTRODUCTION

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an edible legume of high consumption worldwide and great source of proteins, vitamins and mineral, so it includes in the diet of diverse developing countries of the American continent (Suárez-Martínez *et al.*, 2016).

With the indiscriminate use of agrochemicals in agriculture, resistance of pest-organisms has increased causing a negative impact in the environment; these type of products have been applied in increasing amounts to combat them and periodically substituted by new generation agrochemicals each time more potent and also more harmful to the environment (Meneses, 2017). The new generation agrochemicals also bio-accumulate toxic substances in the plants treated, which also accumulate in animals or humans that finally feed on them. In this context, research and development of ecofriendly alternatives with a high degree of innocuousness and elicitor activity facing biotic and abiotic stress are totally justified to partially or totally substituting other products highly contaminant in agroecosystems (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019). One of these alternatives is the use of that promote growth microorganisms in plants that can foster growth of their radicle system and strengthen their response capacity facing different pathogens besides increasing plant biomass production (Leal-Almanza *et al.*, 2018). Another alternative is the use of bio-stimulants rich in amino acids that belong to the plant cellular metabolism, such as VIVA®, FitoMas-E® and other commercial products capable of influencing physiological plant processes, which stimulate plant development, growth, and biological production (Kocira *et al.*, 2015; Koleska *et al.*, 2017; Batista *et al.*, 2017).

A third and less studied option is homeopathic medicine. Homeopathy is a discipline of universal medical science based on recognizing the innate capacity of the organism to maintain itself in equilibrium and with its environment, which could be applied to all living beings (Andrade, 2004<sup>1</sup>; Mazón-Suástegui

<sup>1</sup> Andrade, F. M. C. 2004. Alterações na vitalidade do solo com o uso de preparados homeopáticos. Tese doutorado em fitotecnia. Universidad Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 362 p.

Mazón-Suástegui *et al.*, 2018). Recientemente se ha intensificado la aplicación de esta terapia médica en la agricultura, bajo la denominación de “Homeopatía Agrícola”, ya que es una alternativa eco-amigable y económica para los productores agropecuarios, compatible con la agricultura tradicional, orgánica, ecológica, biodinámica, e incluso con la agricultura convencional (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019). La homeopatía agrícola se define como la aplicación productiva de un conocimiento médico científico que utiliza sustancias ultra diluidas para promover una respuesta favorable en las plantas cultivadas, conforme a los principios de esta medicina. La homeopatía fortalece la propia fuerza vital de los organismos tratados, en este caso, de las plantas, favoreciendo un equilibrio dinámico de la planta con el suelo y promoviendo a través de un enfoque sistémico, la sintomatología asociada a una enfermedad, infección, o agente estresante, de forma duradera y sin dejar efecto colateral alguno. Esto es posible en cualquier organismo vivo, incluyendo a las plantas, porque éstas poseen una memoria genética que es continuamente enriquecida (Barberato, 2002).

Los medicamentos homeopáticos pueden incidir positivamente en los procesos biológicos de las plantas para controlar problemas de sanidad causados por hongos, virus y bacterias, contribuir al control de plagas, e incidir favorablemente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Meneses, 2017). En un estudio realizado por Ruiz *et al.* (1997) se demostró el efecto estimulador de preparados homeopáticos en el cultivo de *P. vulgaris* al incrementar la biomasa de las plantas tratadas. Otra investigación realizada en el cultivo de *Allium fistulosum* reveló un incremento en biomasa vegetal cuando las plantas fueron tratadas con medicamentos homeopáticos (Sánchez y Meneses, 2011). Por otro lado, Bonato *et al.* (2009) encontraron que con el uso de medicamentos homeopáticos como *Sulphur* y *Arsenicum* (dinamizaciones 6, 12, 24 y 30 CH) aplicados semanalmente durante 98 días en *Mentha arvensis*, obtuvieron un aumento en la altura de la planta y en la biomasa fresca y seca. Rossi *et al.* (2003), al utilizar el medicamento homeopático *Carbo vegetabilis* 30 CH aplicado cada 48 h en plantas de lechuga *Lactuca sativa*, incrementó el peso seco de la planta en 22% con respecto al grupo control. Arellano-Rodríguez *et al.* (2017) evaluaron dinamizaciones homeopáticas preparadas a partir de extractos de

*et al.*, 2018). The application of this medical therapy in agriculture has been recently intensified under the denomination of “Agricultural Homeopathy” since it is already an ecofriendly and economic alternative for agricultural and livestock farmers, compatible with traditional, organic, ecological, bio-dynamic, including traditional agriculture (Mazón-Suástegui *et al.*, 2019). Agricultural homeopathy is defined as the productive application of scientific knowledge that uses ultra-diluted substances to promote a favorable response in plants cultivated according to the principles of this medicine. Homeopathy strengthens in the plants cultivated their own vital force favoring their dynamic equilibrium with soil and promoting the symptomatology associated to a disease, infection or stressing agent through a systemic focus in a lasting manner and without any collateral effect. All this is possible in any living organism, including plants because they possess a genetic memory, which is continuously enriched (Barberato, 2002).

Homeopathic medicine can affect the plant biological processes positively to control health problems caused by fungi, viruses, and bacteria, contributing to pest control and affecting cultivation growth and development favorably (Meneses, 2017). Ruiz *et al.* (1997) demonstrated the stimulating effect of homeopathic preparations in the cultivation of *P. vulgaris* by increasing biomass in treated plants. Another research performed in the cultivation of *Allium fistulosum* revealed an increase in plant biomass when it was treated with homeopathic medicine (Sánchez and Meneses, 2011). On the other hand, Bonato *et al.* (2009) found that with the use of homeopathic medications, such as *Sulphur* and *Arsenicum* (dynamizations 6, 12, 24 and 30 CH) applied weekly for 98 days in *Mentha arvensis*, obtained an increase in plant height and fresh and dry biomass. Rossi *et al.* (2003) applied the homeopathic medicine *Carbo vegetabilis* 30 CH to lettuce *Lactuca sativa* for 48 h, reporting and increase in plant dry weigh of 22% with respect to the control group. Arellano-Rodríguez *et al.* (2017) assessed homeopathic dynamizations prepared from alkaloid extracts of Lupino (*Lupinus rotundiflorus*) in tomato (*Solanun lycopersicum*) plants as growth promoters and found that the plants with such treatments showed



alcaloides de Lupino (*Lupinus rotundiflorus*), en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) como promotores del crecimiento y encontraron que las plantas que recibieron dichos tratamientos mostraron un incremento significativo en la longitud del tallo. Tales resultados comprueban la efectividad de los medicamentos homeopáticos en las plantas, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del frijol *Phaseolus vulgaris* L. variedad Quivicán a la aplicación de medicamentos homeopáticos como promotores del crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de Estudio

La investigación se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) localizado al noroeste de la Ciudad de La Paz, B.C.S., México, a los 24° 08' 10.03" N y 110° 25' 35.31" O, a una altitud de 7 m en particular, en el Laboratorio de Fisiotecnia Vegetal y Campo Agrícola Experimental, en este último se utilizó una estructura metálica totalmente cubierta con malla antiáfidos de color blanco con 30% de sombra y por encima de la misma, una malla color negro, con 35% de sombra. El experimento tuvo una duración de 35 días, correspondiente a la fase de crecimiento vegetativo inicial, y se realizó a una temperatura mínima, media y máxima de  $14.25 \pm 3.83$ ,  $27.64 \pm 4.01$ ,  $45.17 \pm 2.94$  °C, respectivamente, con humedad relativa de  $34.8 \pm 5.07\%$ . Estos datos climatológicos se registraron con una estación climatológica portátil (Vantage Pro2® Davis Instruments, USA) dentro del área de estudio.

### Diseño Experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos homeopáticos TH1 [MgM-31CH (*Magnesium metallicum* 31CH)], TH2 [MaMnP-3CH (*Magnesium-Manganum phosphoricum* 3 CH)], TH3 la mezcla [MgM-31CH + MaMnP-3CH] y un tratamiento Control (agua destilada), con seis réplicas por cada tratamiento.

### Desarrollo Experimental

Los tratamientos fueron elaborados mediante dilución y agitación (sucusión) a partir de los

a significant increase in stem length. Such results confirmed the efficiency of homeopathic medicine in plants. Thus, the objective of this study was to assess the response of the bean *Phaseolus vulgaris* L. variety Quivicán plant to homeopathic medicine application as growth promoters.

## MATERIALS AND METHODS

### Study Site

Research was developed in the facilities of Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) located northwest of the city of La Paz, Baja California Sur, México at 24° 08' 10.03" N and 110° 25' 35.31" W at 7 m altitude in the Laboratorio de Fisiotecnia Vegetal and Campo Agrícola Experimental of CIBNOR. A metallic structure totally covered with an anti-aphid white 30%-shade mesh also covered by a black 35% shade mesh was used. The experiment lasted 35 days, corresponding to the initial plant growth stage with a minimum, medium, and maximum temperature of  $14.25 \pm 3.83$ ,  $27.64 \pm 4.01$ ,  $45.17 \pm 2.94$  °C, respectively, and a relative humidity of  $34.8 \pm 5.07\%$ . These climatological data were recorded with a portable climatological station (Vantage Pro2® Davis Instruments, USA) within the area of study.

### Experimental Design

A completely randomized design was applied with three homeopathic treatments: TH1 [MgM-31CH (*Magnesium metallicum* 31CH)], TH2 [MaMnP-3CH (*Magnesium-Manganum phosphoricum* 3 CH)], TH3 mixed [MgM-31CH + MaMnP-3CH] and a Control (distilled water, DW) group, with six replicates per treatment.

### Experimental Development

The treatments were performed by dilution and agitation (succussion) from the commercial homeopathic medicine *Magnesium metallicum* 30 CH (Similia®) and *Magnesium-Manganum-Phosphoricum-Injeel* (Rubiopharma®) authorized for their use in humans with registry in the Health Ministry

medicamentos homeopáticos comerciales *Magnesium metallicum* 30 CH (Similia®) y *Magnesium-Manganum-Phosphoricum-Injeel* (Rubiopharma®) autorizados para uso en humanos, con registro en la Secretaría de Salud de México. Para ello se aplicaron procedimientos de la Farmacopea Homeopática de los Estados Unidos Mexicanos (SSA, 2015), incluyendo dilución serial centesimal (1:99) alternada con agitación vigorosa (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018).

Se utilizaron semillas certificadas de la variedad Quivacán de testa blanca, provenientes de la Empresa de Semillas (Villa Clara, Cuba). Previo al experimento se realizó una prueba de germinación utilizando la metodología ISTA (2010). Las semillas se desinfectaron previamente mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1.5% durante 15 min y luego en etanol al 70% durante 5 min. Posteriormente las semillas se enjuagaron con agua destilada, se secaron con papel esterilizado y fueron embebidas durante 30 min en el tratamiento homeopático correspondiente o en el tratamiento control (agua destilada). Las semillas se sembraron en macetas de plástico (tres semillas/maceta) con 5 kg de sustrato comercial (Sogemix PM®). La evaluación de la emergencia se realizó diariamente para conocer el efecto de la aplicación inicial de los tratamientos homeopáticos y del control, realizada a las semillas. Cuando el 50% + 1 de las semillas sembradas emergieron se consideró iniciada la etapa de crecimiento vegetativo inicial. A partir de este momento se comenzó a aplicar 1 mL de los tratamientos (medicamentos homeopáticos) y del control (agua destilada) en días alternos, alrededor de los tallos de las plantas emergidas. Se garantizó la humedad del sustrato mediante riegos homogéneos a capacidad de campo, hasta concluir el estudio ( $T_{35}$ ). Se midió la tasa fotosintética (TF), en hojas completamente turgentes y sanas, en días soleados y en horario de mayor radiación solar (dos veces por semana), utilizando el medidor de fotosíntesis ADC (BioScientific-Ltd modelo LCI, USA).

Al finalizar el experimento se procedió a medir la longitud de tallo (LT) y de la raíz (LR) (cm), el peso de la biomasa fresca de raíz (BFR), de tallo (BFT) y de hojas (BFH) (g), la biomasa seca de raíz (BSR), de tallo (BST) y de hojas (BSH). Estas mediciones se realizaron con una balanza analítica (Mettler Toledo®, modelo AG204 USA). Para obtener el área foliar (AF)

(Secretaría de Salud) of Mexico. For this purpose, the procedures from Farmacopea Homeopática de los Estados Unidos Mexicanos (SSA, 2015) were applied, including serial centesimal dilution (1:99) alternated with vigorous agitation (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018).

Certified seeds were used from the variety Quivican white cowpea bean from Empresa de Semillas (Villa Clara, Cuba). Previous to the experiment, a germination test was used following the International Seed Testing Association (ISTA, 2010) methodology. Seeds were disinfected previously by immersion in a hypochlorite solution at 1.5% for 15 min and then in ethanol at 70% for five min. Subsequently, seeds were rinsed with distilled water, dried with sterilized paper, and embedded in the corresponding homeopathic or control treatments. Seeds were sown in plastic pots (three seeds/pot) with 5 kg of commercial substrate (Sogemix PM®). Emergence assessment was performed daily to know the effect of the initial application of the homeopathic and control treatments. When 50% + 1 of the seeds sown emerged, the start of the initial growth stage was considered. From that moment on, the application of 1 mL (homeopathic medicine) and control (distilled water) were applied every other day surrounding the stems of the emerging plants. Substrate humidity was guaranteed by applying homogeneous irrigation at field capacity until the study concluded ( $T_{35}$ ). Photosynthetic rate (TF) was measured in completely turgid and healthy leaves on sunny days and at the schedule of greater solar radiation (twice per week) using the ADC photosynthesis meter (BioScientific-Ltd model LCI, USA).

At the end of the experiment, length (cm) of stem (LT) and root (LR); weight (g) of fresh root biomass (BFR), stem (BFT), and leaves (BFH); dry root (BSR), stem (BST) and leaf (BSH) biomass were measured. These measurements were performed with an analytical balance (Mettler Toledo®, model AG204 USA). Leaf area (AF) (cm<sup>2</sup>) was obtained using a leaf area integrating equipment (Li-Cor®, model LI-3000A, series PAM 1701 Lincoln, NE, USA). Stem diameter (DT) (mm) was also measured and leaf number (No. H) counted.

(cm<sup>2</sup>), se empleó un equipo integrador de AF (Li-Cor®, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701 USA). También se determinó el diámetro del tallo (DT) (mm) y el número de hojas (No. H).

### Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD,  $P \leq 0.05$ ). En todas las variables, los valores promedio se consideraron significativamente diferentes cuando  $P \leq 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v.10.0 para Windows® (StatSoft® Inc., 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al concluir el experimento ( $T_{35}$ ) las plantas de frijol común *P. vulgaris* L. variedad Quivicán, que recibieron los tratamientos homeopáticos (TH1, TH2 y TH3), respondieron favorablemente con incrementos en la mayoría de las variables de respuesta estudiadas. Se observó una respuesta superior en las plantas tratadas con TH3 (MgM-31CH + MaMnP-3CH) que contiene magnesio metálico y fosfato de magnesio y manganeso, homeopáticamente diluidos y dinamizados. Con este tratamiento (TH3) se obtuvieron valores medios estadísticamente significativos y porcentajes (%) superiores a los registrados en las plantas del grupo control (agua destilada), para las siguientes variables de respuesta: LT 47.14%, LR 30.27%, BFR 13.57%, BFT 11.88%, BFH 68.36%, BST 36.11%, BSH 84.72%, AF 21.74%, DT 39.54% y número de hojas 16.66%. Estos resultados demuestran que TH3 favoreció el crecimiento de *P. vulgaris*, bajo las condiciones de cultivo aplicadas (Cuadro 1). Además, lo observado durante el presente estudio coincide con lo reportado por Castro (2002<sup>2</sup>), quien al aplicar diferentes dinamizaciones homeopáticas de *Phosphorus*, aumentó el desarrollo foliar, tanto en zanahoria como en betabel, repercutiendo positivamente en su rendimiento. Con la aplicación de este mismo medicamento, también se registró incremento en el diámetro del tallo de eucalipto blanco, *Eucalyptus globulus* (Duarte, 2007<sup>3</sup>).

El tratamiento TH3 es una mezcla de dos medicamentos homeopáticos: *Magnesium metallicum* en la 31<sup>a</sup> dilución Centesimal Hahnemaniana

### Statistical Analyses

Analyses of variance (ANOVA) and multiple comparison of means (Tukey's HSD,  $P \leq 0.05$ ) were performed. In all the variables, average values were considered significantly different when  $P \leq 0.05$ . The statistical analyses were performed with the program Statistica v.10.0 for Windows® (StatSoft® Inc., 2011).

## RESULTS AND DISCUSSION

When the experiment ended ( $T_{35}$ ), the common bean *P. vulgaris* L. var. Quivicán that received the homeopathic treatments (TH1, TH2 and TH3) responded favorably recording increase in the majority of the response variables studied. A higher response was observed in the plants treated with TH3 (MgM-31CH + MaMnP-3CH), which contained metallic and magnesium phosphate and manganese, homeopathically diluted and dynamized. With this treatment (TH3), statistically significant average values and percentages (%) were obtained, higher than those recorded in the plants of the control group (distilled water) for the following response variables: LT 47.14%, LR 30.27%, BFR 13.57%, BFT 11.88%, BFH 68.36%, BST 36.11%, BSH 84.72 %, AF 21.74%, DT 39.54% and number of leaves 16.66%. These results showed that TH3 favored *P. vulgaris* growth, under the cultivation conditions applied (Table 1), which agree with that reported by Castro (2002<sup>2</sup>) who observed leaf area increase on both carrot and beet when different homeopathic dynamizations of *Phosphorus* were applied, impacting their yield positively. With the application of this same medicine, an increase in stem diameter of white *Eucalyptus globulus* was also recorded (Duarte, 2007<sup>3</sup>).

TH3 is a mix of two homeopathic medicines: *Magnesium metallicum* in the 31<sup>st</sup> Hahnemanian Centesimal dilution (MgM-31CH) and *Magnesium-Manganum phosphoricum* 3<sup>rd</sup> Hahnemanian Centesimal dilution (MaMnP-3CH). The results obtained in the common bean *P. vulgaris* morphometric variables when TH3 was applied can be explained in function of the mother tincture (MT) components or initial concentration, starting from the initial dynamization process (serial dilution and agitation)

<sup>2</sup> Castro, D. M. 2002. Preparações homeopáticas em plantas de cenoura, beterraba, capim-limão e chambá. Tese de Doutor em Ciências. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 227 p.

<sup>3</sup> Duarte, E. S. M. 2007. Crescimento e teor de óleo essencial em plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus globulus* tratadas com homeopatia. Tese de Doutor em Ciências. Fitotecnica, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 188 p.

**Cuadro 1. Efecto de medicamentos homeopáticos en las variables morfométricas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán.****Table 1. Effect of homeopathic medicines on the morphometric variables of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Quivicán.**

Parámetros morfológicos / Morphological parameters	Tratamientos / Treatments			
	TH1	TH2	TH3	Control
LT (cm)	13.4 ab	13.4 ab	15.45 a	10.5 b
LR (cm)	20.6 ab	20.05 ab	27.97 a	21.47 b
BFT (g)	6.25 b	7.00 b	8.20 a	3.87 c
BFR (g)	12.25 ab	8.88 b	23.75 a	11.12 b
BFH (g)	13.75 b	14.75 b	21.12 a	7.87 c
BST (g)	0.67 a	0.72 a	0.85 a	0.36 b
BSR (g)	0.71 b	0.58 b	1.52 a	1.04 ab
BSH (g)	1.43 b	1.56 b	2.05 a	0.72 c
AF (cm <sup>2</sup> )	476.15 b	495.14 ba	629.37 a	283.83 c
DT (mm)	2.97 b	2.92 b	3.07 a	2.20 c
No. H	5.75 a	5.75 a	6.25 a	3.75 b

LT = longitud del tallo; LR = longitud de raíz; BFT = biomasa fresca de tallos; BFR = biomasa fresca de raíz; BFH = biomasa fresca de hojas; BST = biomasa seca de tallos; BSR = biomasa seca de raíz; BSH = biomasa seca de hojas; AF = área foliar; DT = diámetro del tallo; No. H = número de hojas. Valores con letras diferentes en la misma fila difieren según Tukey ( $P < 0.05$ ).

LT = stem length; LR = root length; BFT = fresh stem biomass; BFR = fresh root biomass; BFH = fresh leaf biomass; BST = dry stem biomass; BSR = dry root biomass; BSH = dry leaf biomass; AF = leaf area; DT = stem diameter; No. H = number of leaves. Values with different letters in the same row differ according to Tukey's ( $P < 0.05$ ).

(MgM-31CH) y *Magnesium-Manganum phosphoricum* en la 3<sup>a</sup> dilución Centesimal Hahnemaniana (MaMnP-3CH). Los resultados obtenidos en las variables morfométricas del frijol *P. vulgaris* al aplicar TH3, pueden explicarse en función de los componentes de la tintura madre (TM) o concentrado inicial, a partir del cual se inició el proceso de dinamización (dilución serial y agitación) de ambos medicamentos homeopáticos. La importancia del magnesio, del manganeso y del fósforo, es suficientemente conocida porque son nutrientes minerales que actúan en diversas rutas metabólicas y procesos fisiológicos de las plantas. El magnesio, es esencial para el crecimiento de cualquier célula viva; es un macronutriente secundario indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas y forma parte de la molécula de clorofila (Cakmak y Yazici, 2010).

El fosfato de magnesio, incluido en el tratamiento TH2 (*Magnesium-Manganum phosphoricum* 3CH) y también en TH3 por ser la suma de TH1 y TH2, juega un papel importante en la nutrición de las plantas y en su resistencia a las enfermedades (Huber, 1980). Es sabido que un 75% del magnesio foliar está involucrado en la síntesis de proteínas y un 15-20% del magnesio total está asociado con los pigmentos fotosintéticos (White y Broadley, 2009). El magnesio actúa principalmente

de ambos homeopáticos. La importancia de magnesio, manganeso, y fósforo es suficientemente conocida porque son nutrientes minerales que actúan en diversas rutas metabólicas y procesos fisiológicos. El magnesio es esencial para el crecimiento de cualquier célula viva; es un macronutriente secundario esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y forma parte de la molécula de clorofila (Cakmak y Yazici, 2010).

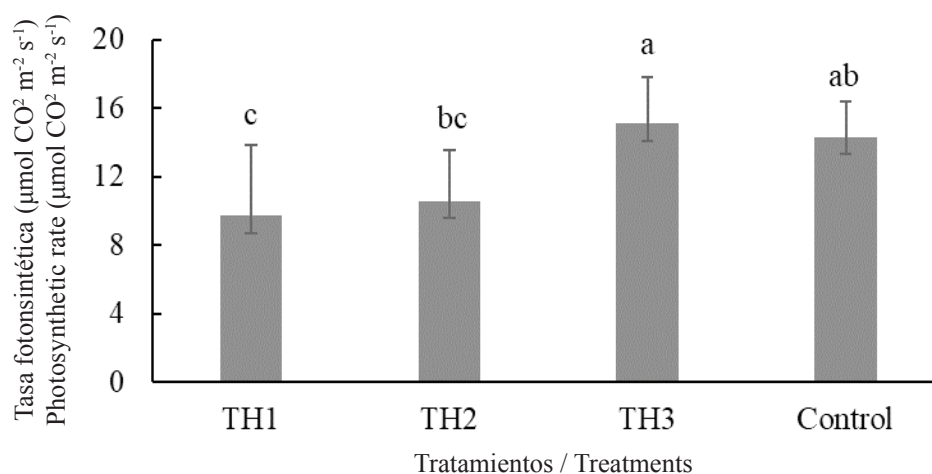
Magnesio fosfato, incluido en TH2 (*Magnesium-Manganum phosphoricum* 3CH) y también en TH3 porque es la suma de TH1 y TH2, juega un papel importante en la nutrición de las plantas y en su resistencia a las enfermedades (Huber, 1980); 75% de magnesio foliar está involucrado en la síntesis de proteínas, y 15-20% del magnesio total está asociado con los pigmentos fotosintéticos (White y Broadley, 2009). El magnesio actúa principalmente como un cofactor de una serie de enzimas involucradas en la fotosíntesis, la fijación de carbono y el metabolismo (Cakmak y Kirkby, 2008; Maathuis, 2009; Hermans *et al.*, 2013). El fósforo es, después del nitrógeno, el segundo nutriente en importancia cuantitativa para el desarrollo de las cultivos agrícolas; se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas en los suelos, pero solo una pequeña parte está disponible para las plantas debido a su fijación química y su baja solubilización (Sindhu *et al.*, 2010). El fósforo



como un cofactor de una serie de enzimas involucradas en la fijación de carbono fotosintético y en el metabolismo (Cakmak y Kirkby, 2008; Maathuis, 2009; Hermans *et al.*, 2013). El fósforo es, después del nitrógeno, el segundo nutriente en importancia cuantitativa para el desarrollo de los cultivos agrícolas; se encuentra en forma orgánica e inorgánica en los suelos, pero solo una pequeña parte está disponible para las plantas debido a su fijación química y a su baja solubilización (Sindhu *et al.*, 2010). El fósforo es un elemento esencial que las plantas requieren en grandes cantidades para realizar diversos procesos fisiológicos, tales como la respiración, la fotosíntesis, la glicólisis (Shen *et al.*, 2011), y la activación e inactivación de enzimas (Vance *et al.*, 2003). Los resultados observados durante la presente investigación confirman la hipótesis de que los medicamentos homeopáticos utilizados tienen un efecto estimulante en las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán. Esta afirmación se basa en la actividad de sus ingredientes activos, asumiendo que el tratamiento TH3 contiene nanopartículas de magnesio, manganeso y fósforo, y también pudiera contener, en alguna medida, nanopartículas de magnesio metálico. La acción separada de los componentes de TH3 puede explicar la mayor efectividad de este tratamiento homeopático combinado, además de las potenciales sinergias resultantes de la interacción TH1 + TH2 = TH3 (Figura 1). La presencia de nanopartículas del

is an essential element that plants require in large amounts to perform different physiological processes, such as respiration, photosynthesis, glycolysis (Shen *et al.*, 2011), and enzyme activation and inactivation (Vance *et al.*, 2003). The results observed during this research study confirmed the hypothesis that the homeopathic medicines used had a stimulating effect on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Quivican plant. This assertion is based on the activity of its active ingredients, assuming that TH3 contains magnesium nanoparticles, manganese, and phosphorus, and it could also contain, in some measurement, metallic magnesium nanoparticles. The separated action of the TH3 components can explain a greater efficiency of this combined homeopathic treatment besides the potential synergies that result from the interaction TH1 + TH2 = TH3 (Figure 1). The presence of nanoparticles of the “active principle” originally contained in the MT has been demonstrated even in high centesimal dilutions (30CH and 200CH) of homeopathic medicines by physical-chemical studies (Chikramane *et al.*, 2012).

The TF of the treated plants with the homeopathic medicine mix (TH3) had a better development when compared to the other treatments (Figure 1). This result can be attributed to the increase in leaf area that favored plants treated with TH3 to have a greater light reception area and more efficient use in the physiological processes involved, such as photosynthesis. At the same time, it impacted biomass production in the



**Figura 1. Efecto de medicamentos homeopáticos en la tasa fotosintética de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán.**

**Figure 1. Effect of homeopathic medicines on the photosynthetic rate of plants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Quivican.**

“ingrediente activo” originalmente contenido en la TM, se ha demostrado incluso en alta dilución centesimal (30CH y 200CH) de medicamentos homeopáticos, mediante estudios fisicoquímicos (Chikramane *et al.*, 2010).

La TF de las plantas tratadas con la mezcla de medicamentos homeopáticos (TH3) tuvo un mejor desempeño, comparado con los demás tratamientos (Figura 1). Este resultado se puede atribuir al aumento del área foliar, que propició que las plantas tratadas con TH3 tuvieran mayor área de recepción de luz y un uso más eficiente en los procesos fisiológicos involucrados, como la fotosíntesis. Esto a su vez, repercutió en un incremento de la producción de biomasa en las plantas tratadas con la mezcla TH3. Por otro lado, es sabido que el número de hojas está estrechamente relacionado con la actividad fotosintética (Honório *et al.*, 2016), y precisamente las plantas que recibieron este tratamiento produjeron un mayor número de hojas (6.25), comparado con el grupo control (agua destilada) no medicado con homeopatía.

Los resultados revelados coinciden con lo reportado por Panda *et al.* (2013), quienes evaluaron tres dinamizaciones homeopáticas en el crecimiento de guisantes (*Pisum sativum* L.), observando un impacto positivo en la TF de las plantas tratadas con homeopatía, que además aumentaron su biomasa fresca. En otro estudio realizado por Mazón-Suástegui *et al.* (2019), en plantas de *O. basilicum* tratadas con medicamentos homeopáticos, fue posible observar una respuesta favorable en la TF y un incremento significativo en la biomasa fresca. Los resultados de la TF mostrados en esta investigación, pueden estar relacionados de forma directa con la presencia de nanopartículas de magnesio en TH3, favoreciendo la formación de moléculas de clorofila y estimulando el proceso fotosintético (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018).

La utilización de medicamentos homeopáticos en la agricultura y en particular en el cultivo de *P. vulgaris*, puede ser de gran interés general y de utilidad práctica. Estos productos son mucho más económicos que los agroquímicos, su aplicación es simple y efectiva, son sustancias de alta inocuidad, por ser altamente diluidas y su impacto medioambiental es sumamente reducido o prácticamente inexistente. En resumen, la homeopatía agrícola tiene un gran potencial, debido a que las dinamizaciones homeopáticas tienen un impacto positivo medible en las plantas tratadas, carecen de

plants treated with the TH3 mix. On the other hand, the number of leaves is known to be closely related to photosynthetic activity (Honório *et al.*, 2016), and precisely, the plants that received this treatment had a greater number of leaves (6.25), compared with the control group (distilled water) without homeopathic medicine.

The revealed results agree with that reported by Panda *et al.* (2013) who assessed three homeopathic dynamizations in growth of pea (*Pisum sativum* L.) plants, observing a positive impact in TF on those treated with homeopathy, which also increased their fresh biomass. In another study performed by Mazón-Suástegui *et al.* (2019) in basil *O. basilicum* plants treated with homeopathic medicine showed a favorable response in TF and a significant increase in fresh biomass. The results of the PR demonstrated in this research may be related directly with the presence of magnesium nanoparticles in TH3, favoring the formation of chlorophyll molecules and stimulating the photosynthetic process (Mazón-Suástegui *et al.*, 2018).

The use of homeopathic medicines in agriculture, particularly in the cultivation of *P. vulgaris*, can be of great interest in general and practical relevance. Homeopathic dynamizations are much more economic than agrochemicals and their application is simple and effective. They are highly diluted substances of high innocuousness, and their environmental impact is greatly reduced or practically inexistent. To summarize, agricultural homeopathy has a great potential because homeopathic dynamizations have a measurable positive impact in the plants treated and lack toxicity, their cost is low and they are innocuous (Ruiz, 2004; Mazón-Suástegui *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONS

The application of homeopathic medicines in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Quivican plants favored their growth significantly. An increase in photosynthetic rate, length of stem and root, fresh root biomass, fresh and dry stem and leaf biomass, leaf area, stem diameter and number of leaves. The best results were obtained with the mixed TH3 (MgM-31CH + MaMnP-3CH) that contained the homeopathic medicines *Magnesium metallicum* and *Magnesium-Manganum phosphoricum*. These results showed that agricultural homeopathy is an alternative with

toxicidad, su costo es bajo y son inocuas (Ruiz, 2004; Mazón-Suástgui *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

La aplicación de medicamentos homeopáticos en plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán, promovió significativamente su crecimiento. Se obtuvieron incrementos en la tasa fotosintética, longitud del tallo, longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, biomasa fresca y seca de tallo y hojas, área foliar, diámetro teórico y número de hojas. Los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento TH3 (MgM-31CH + MaMnP-3CH) que contiene los medicamentos homeopáticos *Magnesium metallicum* y *Magnesium-Manganum phosphoricum*. Estos resultados demuestran que la homeopatía agrícola es una alternativa con aplicabilidad en producción agrícola, totalmente compatible con la agricultura orgánica. De manera específica, se recomienda la aplicación de TH3 durante la etapa de crecimiento inicial del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Quivicán de testa blanca.

## AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación (México), proyecto Ciencia Básica SEP-CONACYT No. 258282 “Evaluación experimental de homeopatía y nuevos probióticos en el cultivo de moluscos, crustáceos y peces de interés comercial”, bajo la responsabilidad académica de JMMS. Se agradece el apoyo de personal técnico del CIBNOR: Lidia Hiraes-Lucero y Pedro Luna-García.

*-Fin de la versión en español-*

## REFERENCIAS / REFERENCES

- Arellano-Rodríguez, L. J., J. Sánchez-Martínez, M. C. Arriaga-Ruiz y J. M. Padilla-García. 2017. Uso de extractos de alcaloides de Lupino (*Lupinus rotundiflorus*) en diluciones homeopáticas como estimulador del rendimiento en Jitomate (*Solanum lycopersicum*). *Rev. Energ. Quím. Fís.* 4: 13-18.
- Batista Sánchez, D., B. Murillo Amador, A. Nieto Garibay, L. Alcaraz Meléndez, E. Troyo Diéguez, L. Hernández Montiel y C. M. Ojeda Silvera. 2017. Mitigación de NaCl por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L. *Terra Latinoamericana* 35: 309-320.

application in production, totally compatible with organic agriculture. Specifically, the application of TH3 is recommended during the initial growth stage of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Quivicán white cowpea plant.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was financed by Fondo Sectorial de Investigación para la Educación (México), Proyecto Ciencia Básica SEP-CONACYT No. 258282 “Evaluación experimental de homeopatía y nuevos probióticos en el cultivo de moluscos, crustáceos y peces de interés comercial”, under the academic responsibility of JMMS. The authors would like to thank the support of CIBNOR technical staff: Lidia Hiraes-Lucero and Pedro Luna-García; and Diana Fischer for translation-editorial services.

*-End of english version-*

- Barberato, C. 2002. Homeopatía también en agricultura. *J. Rural* 1325: 8.
- Bonato, C. M., G. T. Proença, and B. Reis. 2009. Homeopathic drugs *Arsenicum album* and *Sulphur* affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). *Acta Sci. Agron.* 31: 101-105. doi: 10.4025/actasciagron.v31i1.6642.
- Cakmak, I. and A. M. Yazici. 2010. Magnesium: Forgotten element in crop production. *Better Crops* 94: 23-25.
- Cakmak, I. and E. A. Kirkby. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiol. Plant* 133: 692-704.
- Chikramane, P. S., A. K. Suresh, J. R. Bellare, and S. G. Kane. 2010. Extreme homeopathic dilutions retain starting materials: A nanoparticulate perspective. *Homeopathy* 99: 231-242. doi: 10.1016/j.homp.2010.05.006.
- Hermans, C., S. J. Conn, J. Chen, Q. Xiao, and N. Verbruggen. 2013. An update on magnesium homeostasis mechanisms in plants. *Metallomics* 5: 1170-1183. doi: 10.1039/c3mt20223b.
- Honório, I. C. G., F. P. G. Bonfim, S. G. Montoya, V. W. D. Casali, J. P. V. Leite, and P. R. Cecon. 2016. Growth, development and content of flavonoids in calendula (*Calendula officinalis* L.). *Acta Sci. Agron.* 38: 69-75. doi: http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v38i1.25976.
- Huber, D. M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. pp. 381-406. In: J. G. Horsfall and E. B. Cowling. (eds.). *Plant disease: An advanced treatise*. Academic Press. New York, NY, USA.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2010. Rules proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. OM Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition.doc. Approved by ECOM Decision. No.498. Bassersdorf, Switzerland.

- Kocira, S., A. Kocira, M. Szmigielski, A. Piecak, A. Sagan, and U. Malaga-Tobola. 2015. Effect of an amino acids-containing biostimulator on common bean crop. *Przemysl Chemiczny* 94: 1732-1736. doi: 10.15199/62.2015.10.16.
- Koleska, I., D. Hasanagic, V. Todorovic, S. Murtic, I. Klokic, N. Paradikovic, and B. Kukavica. 2017. Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. *J. Plant Int.* 12: 209-218. doi: <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1319503>.
- Leal-Almanza, J., M. A. Gutiérrez-Coronado, L. Castro-Espinoza, F. Lares-Villa, J. M. Cortes-Jiménez, and S. de los Santos-Villalobos. 2018. Vegetable growth promoter microorganisms with agricultural plaster on potatoes (*Solanum tuberosum* L.) Under shadow housing. *Agrociencia* 52: 1149-1159.
- Maathuis, F. J. M. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12: 250-258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.003>.
- Mazón-Suástegui, J. M., B. Murillo-Amador, D. Batista-Sánchez, Y. Agüero-Fernández, M. R. García-Bernal, and C. M. Ojeda-Silvera. 2018. *Natrum muriaticum* as an attenuant of NaCl-salinity in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Nova Sci.* 10: 120-136. doi: 10.21640/ns.v10i21.1423.
- Mazón-Suástegui, J. M., C. M. Ojeda-Silvera, M. García-Bernal, M. A. Avilés-Quevedo, F. Abasolo-Pacheco, D. Batista-Sánchez, D. Tovar-Ramírez, F. Arcos-Ortega, B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, Y. Ferrer-Sánchez, R. M. Morelos-Castro, A. Alvarado-Mendoza, M. Díaz-Díaz, and B. Bonilla-Montalvan. 2019. Agricultural homeopathy: A new insights into organic's. *IntechOpen Books*. doi: 10.5772/intechopen.84482.
- Meneses-Moreno, N. 2017. Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. *Rev. Méd. Homeop.* 10: 9-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.homeo.2017.04.004>.
- Panda, S. S., S. S. Mohanty, and N. K. Dhal. 2013. Effects of potentised homeopathic medicines on the germination, growth and photosynthetic activity of *Pisum sativum* L. *Recent Res. Sci. Technol.* 5: 11-14.
- Rossi, F., E. J. Ambrosano, N. Guirado, G. M. B. Ambrosano, V. W. D. Casali, J. Tessarioli Neto, P. C. T. Melo, M. C. Arenales, and E. A. Schammass. 2003. Aplicação de solução homeopática *Carbo vegetabilis* e produtividade da alfafa. 21: 1 CD-ROM.
- 43 Congresso Brasileiro de Olericultura. Recife. Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura. Brasília.
- Ruiz, E., I. Castro y P. Curtis. 1997. Uso del barbasco (*Dioscorea villosa*) en dinamizaciones homeopáticas como bio-regulador de crecimiento de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Cuadernos de Centros Regionales. Chapingo, México.
- Ruiz, E. F. 2004. Control Natural de plagas y enfermedades. *Revista Aquí Centros Regionales*. Año 11, No. 38. Chapingo, México.
- Sánchez S., J. L. y N. Meneses Moreno. 2011. Efecto de cinco medicamentos homeopáticos en la producción de peso fresco, en cebollín (*Allium fistulosum*). Disponible en: [http://www.comenius.edu.mx/Cinco\\_medicamentos\\_homeop\\_ticos\\_en\\_Ceboll\\_n.pdf](http://www.comenius.edu.mx/Cinco_medicamentos_homeop_ticos_en_Ceboll_n.pdf) (Consulta: marzo 15, 2019).
- SSA (Secretaría de Salud). 2015. Farmacopea homeopática de los Estados Unidos Mexicanos. FEUM-SSA. Biblioteca Nacional de México 615.532-scdd21. ISBN: 978-607-460-509-9.
- Shen, J., L. Yuan, J. Zhang, H. Li, Z. Bai, X. Chen, W. Zhang, and F. Zang. 2011. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiol.* 156: 997-1005. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>.
- Sindhu, S. S., S. Dua, M. K. Verma, and A. Khandelwal. 2010. Growth promotion of legumes by inoculation of rhizosphere bacteria. pp. 195-235. *In*: M. S. Khan, J. Musarrat, and A. Zaidi (eds.). *Microbes for legume improvement*. Springer. Vienna.
- StatSoft Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA.
- Suárez-Martínez, S. E., R. A. Ferriz-Martínez, R. Campos-Vega, J. E. Elton-Puente, K. de la Torre Carbot, and T. García-Gasca. 2016. Bean seeds: Leading nutraceutical source for human health. *CyTA-J. Food* 14: 131-137. doi: 10.1080/19476337.2015.1063548.
- Vance, C. P., C. Uhde-Stone, and D. L. Allan. 2003. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytol.* 157: 423-447. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x>.
- White, P. J. and M. R. Broadley. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets — iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol* 182: 49-84. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.