# BIOESTIMULANTES EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GARBANZO

Francisco Camacho Ortega[1], Juan José Rodríguez Moreno[1], María Victoria Rodríguez García[2], María Eugenia Gallardo Rodríguez[2], Hans Blanquet[2], Ricardo Yáñez López[2], Luis Patricio Guevara Acevedo[2§]

[1]Estudiante de ingeniería en agronomía TecNM-Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [2] TecNM-Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

## RESUMEN

En este estudio, se evaluó el efecto de quitosano, algas marinas, ácido salicílico y la combinación de estos en el crecimiento y rendimiento de garbanzo. El experimento se realizó en el TecnMN Roque, en una parcela de 640 m$^2$, a los 30 dds de la variedad Sinaloa se aplicaron los tratamientos en un diseño experimental de cuatro bloques totalmente al azar con cinco tratamientos los cuales son: ácido salicílico (Meyer) a dosis 6.7 mM, quitosano (Aldrich) a dosis 670 mcg mL$^{-1}$, acido salicílico + quitosano, acido salicílico + algas marinas, algas marinas + quitosano y un testigo. A los 38 dds se eligieron cinco plantas al azar por unidad experimental midiendo altura de plantas (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas y unidades SPAD de clorofila. A los 110 dds se inició la cosecha de las cinco plantas evaluadas y se muestreó y se determinó peso fresco de plantas (g), número de vainas, peso de vainas (g), número de granos por diez vainas y peso de cien granos (g). Los resultados de cada una de las variables antes mencionadas fueron evaluados en el programa SAS para Windows ver 9.4 (SAS, 2002) donde en los resultados mostraron que el tratamiento del ácido salicílico + quitosano a dosis de 6.7 mM + 670 mcg mL$^{-1}$ presentaron los mayores valores para las variables evaluadas.

***Palabras clave:*** *Ácido salicílico, crecimiento, foliar, rendimiento, algas marinas, quitosano.*

## ABSTRACT

In this study, the effect of (chitosan, seaweed, salicylic acid and the combination of these) on the growth and yield of chickpea was evaluated. The experiment was conducted at TecnMN Roque, in a plot of 640 m2, 30 days after planting the Sinaloa variety, the treatments were applied in an experimental design of four totally randomized blocks with 24 experimental units which are: salicylic acid (MEYER) at a dose of 6. 7 mM, chitosan (ALDRICH) at a dose of 670 mcg mL-1, combination of the previous treatments, combination of salicylic acid (MEYER) + seaweed (NG-PLUS) at a dose of 6.7 mM + 5 mL L-1, combination of seaweed (NG-PLUS) +

chitosan (ALDRICH) at a dose of 5 mL L-1 + 670 mcg mL-1 and a control. At 38 dds, five plants were randomly selected to be measured; the variables evaluated were plant height (cm), stem diameter (mm), number of leaves and SPAD chlorophyll units. At 110 dds, harvesting of the five measured plants was initiated and the variables to be evaluated were plant fresh weight (gr), number of pods, pod weight (g), number of grains per ten pods and hundred grains weight (g). The results of each of the variables mentioned above were evaluated in the SAS program for Windows ver 9.4 (SAS, 2002) where the results show that the treatment of salicylic acid + chitosan at a dose of 6.7 mM + 670 mcg mL-1 presented the highest values for the variables evaluated.

***Keywords:*** *Salicylic acid, growth, crop, foliar, yield, seaweed, chitosan.*

## INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una leguminosa de gran importancia económica y nutricional en diversas regiones del mundo, el cultivo en cuestión es uno de los más extensos a nivel global, con alrededor de 10 millones de hectáreas sembradas en todo el mundo. La India es el principal productor, con aproximadamente 7 millones de hectáreas cultivadas, seguida de cerca por Pakistán y Turquía. En el continente europeo, España, Italia y Portugal son los principales productores, mientras que en Latinoamérica, México y Argentina lideran la producción (Infoagro, 2015), en los últimos años, el garbanzo ha experimentado un notable auge, transformándose de un cultivo secundario a una valiosa fuente de exportación para países como Argentina. Esto se debe en gran parte a su creciente popularidad entre los consumidores, quienes aprecian su sabor, textura y beneficios para la salud como su alto contenido de proteínas, fibra, micronutrientes y calorías a la dieta diaria (FAO, 2015). A escala global, el garbanzo ocupa un lugar destacado entre las leguminosas más cultivadas, solo superado por la soya, el haba, los frijoles y los chícharos. La mayor parte de la producción mundial de garbanzo se concentra en Asia, con más del 90% del total (AgroMeat, 2018). En la actualidad, se ha identificado un total de 40 especies de garbanzos que se adaptan a las diversas condiciones climáticas y de suelo de diferentes países y que también satisfacen las preferencias nutricionales y sensoriales de los consumidores en cada región (Arteaga Díaz, 2019).

El cambio climático está afectando actualmente la producción de cultivos clave para la seguridad alimentaria, incluyendo las legumbres. Sin embargo, el garbanzo se destaca por su resistencia a la sequía y al estrés hídrico, y además requiere pocos insumos externos debido a su capacidad para fijar nitrógeno en la planta y el suelo. Los dos factores ambientales que más influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas son la temperatura y el fotoperíodo (Jabow *et al*., 2015), factores determinan la velocidad a la que las plantas crecen y florecen y

también afectan el tiempo que transcurre entre la siembra y la floración. Por esta razón se buscan distintas opciones para incrementar la producción entre las cuales se incluyen los activadores fisiológicos (Hidalgo, 2020), las utilizaciones de los activadores fisiológicos mejoran la capacidad de las plantas de garbanzo para absorber nutrientes de manera eficiente y también aumentan su resistencia a condiciones adversas, como el estrés ambiental, entre los activadores se encuentra los bioestimulantes, como el quitosano, contienen compuestos activos que influyen positivamente en la fisiología de las plantas, promoviendo su crecimiento y desarrollo, y mejorando la calidad y productividad de los frutos (Land, 2020), además, estos bioestimulantes ayudan a fortalecer la tolerancia de las plantas y aumentar su rendimiento. A demás el ácido salicílico (AS) es un compuesto orgánico natural que se encuentra en las plantas y desempeña un papel crucial en su crecimiento y desarrollo. Este compuesto fenólico es un derivado del ácido benzoico y juega un papel fundamental en la fisiología vegetal (Intagri, 2016). Por ello el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de biomoléculas ácido salicílico, quitosano, algas marinas y la combinación de estos en el crecimiento y rendimiento de plantas de garbanzo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento tuvo lugar en el Tecnológico Nacional de México-Roque, en una parcela de 640 $m^2$ y en el laboratorio de Fitosanidad. La preparación del terreno se realizó mediante un barbecho y un pase de rastra, seguido de la creación de surcos espaciados a 75 cm entre sí. Las semillas de garbanzo se sembraron en un diseño experimental de cuatro bloques totalmente al azar. Cada unidad experimental se configuró con tres surcos de 5 metros de largo, con una densidad de siembra de 180 semillas por surco y una separación entre plantas de 14 cm. La fertilización del cultivo se inició a los 30 días después de la siembra se aplicaron los tratamientos en un diseño experimental completamente al azar, con un total de 24 unidades experimentales con 6 tratamientos los cuales son: ácido salicílico (Meyer®) a dosis 6.7 mM, quitosan (Aldrich®) a dosis 670 mcg $mL^{-1}$, combinación de los tratamientos anteriores, combinación de ácidos salicílico (Meyer®) + algas marinas (Ng-plus®) a dosis 6.7 mM + 5 mL $L^{-1}$, combinación de algas marinas (Ng-plus®) + quitosan (Aldrich®) a dosis 5 mL $L^{-1}$ + 670 mcg $mL^{-1}$ y un testigo. La aplicación de los tratamientos fue de forma foliar con una bomba Rkf20 J de aspersión manual de la marca Raiker® a los 30, 45, 60 y 75 dds. Se eligieron cinco plantas al azar por unidad experimental donde se evaluó altura de planta con un flexómetro Pretul®, diámetro de tallo con un vernier digital Keatronic®, número de hojas fue de forma manual y unidades SPAD de clorofila con un medidor de clorofila Fleldsco®. Los muestreos de las variables medidas se tomaron a los 8 días después de cada aplicación. A los 110 dds se inició la cosecha de las cinco plantas muestreadas de las cuales se pesaron

en una báscula digital Raganet® se realizó el conteo de número de vainas por planta, se pesó en número de vainas con una báscula Raganet®, conteo de número de granos por diez vainas, se pesaron cien granos con una báscula Raganet®. Con los datos muestreados de las variables evaluadas de las mediciones de plantas y cosecha de fruto se realizó un análisis de varianza y en los tratamientos que mostraron diferencias se hizo una prueba de medias Tukey ($p>0.05$) mediante el programa estadístico SAS system 9.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza muestran que los tratamientos presentaron efecto al 99% de significancia ($P<0.001$) ($Pr>F$) en altura de planta ($P<0.0001$**), número de hojas ($P<0.0001$**) estos valores son semejantes a lo reportado por Pulido *et al.,* (2019) quienes en un trabajo de investigación encontraron efecto altamente significativo en altura de planta y número de hojas por la aplicación de ácido salicílico y quitosano. Mientras que para las variables diámetro de tallo ($0.3978^{ns}$), unidades SPAD de clorofila ($0.0162^{ns}$) se mostraron valores no significativos en los tratamientos aplicados.

En el cuadro1 se puede observar que para altura de planta el tratamiento con ácido salicílico + quitosano a una dosis de 6.7 mM + 670 mcg $mL^{-1}$ presentó el mayor valor con un promedio de 60.98 cm mientras que el testigo comercial presentó un valor de 49.27 cm esto quiere permite determinar que la combinación de ácido salicílico + quitosano aumenta en más de 11.71 cm en altura de planta, este valor es inferior a lo reportado por Pinedo-Guerrero *et al*. (2017) quienes en una investigación obtuvieron un promedio de 132.29 cm en plantas de tomate con aplicaciones de quitosano y ácido salicílico.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación foliar de ácido salicílico, quitosano, algas marinas y su combinación en la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y unidades SPAD de clorofila en plantas de garbanzo.

| Tratamiento | Dosis | Altura de planta (cm) | Número de hojas |
|---|---|---|---|
| Ácido salicílico | 6.7 mM | 60.60 a | 9.725 b |
| Quitosano | 670 mcg $mL^{-1}$ | 56.67 c | 9.500 b |
| Ácido salicílico + quitosano | 6.7 mM + 670 mcg $mL^{-1}$ | 60.98 a | 10.550 a |
| Ácido salicílico + algas marinas | 6.7 mM + 5 mL $L^{-1}$ | 57.11 cb | 9.750 a |
| Algas marinas +quitosano | 5 mL $L^{-1}$ + 670 mcg $mL^{-1}$ | 59.88 ab | 9.900 a |
| Testigo | - | 49.27 d | 9.375 b |

En el caso de numero de hojas el tratamiento de ácido salicílico fue el dominante con un valor de 10.5500 hojas por planta mientras que el valor más bajo tuvo 9.370 hojas, siendo 11.79 % mayor, estos datos son superiores a lo reportado por Carreras *et al.,* (2006) quienes en una investigación obtuvieron un valor de 8.07 hojas en plantas de garbanzo con aplicaciones de algas marinas.

Cuadro 2. Reacción de la aplicación foliar de ácido salicílico, quitosano, algas marinas y su combinación en peso fresco de planta, numero de vainas, peso de vainas, numero de granos por diez vainas, peso de cien granos.

| Tratamiento | Dosis | Peso fresco de plantas (g) | Número de granos por 10 vainas | Peso de 100 granos (g) |
|---|---|---|---|---|
| Ácido salicílico | 6.7 Mm | 264.40 a | 12.70ab | 91.80 a |
| Quitosano | 670 mcg $mL^{-1}$ | 205.48 ab | 11.32 b | 90.20 a |
| Ácido salicílico + quitosano | 6.7 mM + 670 mcg $mL^{-1}$ | 309.93 a | 15.30 a | 94.85 a |
| Ácido salicílico + algas marinas | 6.7 mM + 5 mL $L^{-1}$ | 213.73 ab | 13.12 ab | 89.30 a |
| Algas marinas +quitosano | 5 mL $L^{-1}$ + 670 mcg $mL^{-1}$ | 268.00 a | 12.65 ab | 89.45 a |
| Testigo | - | 145.93 b | 11.10 b | 78.87 b |

Los tratamientos aplicados para las plantas de garbanzo mostro efecto altamente significativo (p≥0.01) en las variables de peso fresco de planta (0.0078**) y peso de cien granos (<0.0001**), estos valores son similares a lo reportado por Ronda Hernández *et al.,* (2025) quien en una investigación con plantas de garbanzo obtuvo valores altamente significativos en las variables antes mencionadas, para la variable número de granos por diez vainas (0.0120*) este mostro diferencias significativas, lo cual es igual a lo reportado por Pergolini (2011) quien obtuvo diferencias significativas en su investigación con plantas de garbanzo.

Mientras que para las variables número de vainas ($0.0615^{ns}$) y peso de vainas ($0.2421^{ns}$) estos mostraron valores no significativos en los tratamientos antes aplicados. Se muestra que se presentaron estadísticamente los valores más altos para la variable peso fresco de planta con la aplicación de los tratamientos de ácido salicílico + quitosano a dosis de 6.7 mM + 670 mcg $mL^{-1}$ teniendo un promedio de 309.93 g mientras que el menor valor fue de 145.93 g, lo que representa que la combinación de los tratamientos aumenta en más de 164 g, este valor es inferior a lo reportado por Yagmur y Gunes (2021) quienes en una investigación obtuvieron un valor de 418.21 con aplicaciones de algas marinas y ácido salicílico en plantas de tomate.

El dato obtenido sobre el número de granos por diez vainas en esta investigación, se observó que el mayor valor lo tuvo el tratamiento con aplicaciones de ácido salicílico + quitosano con 15.30 granos a diferencia del menor valor quien obtuvo 11.10 granos, eso quiere decir que existe una diferencia del 31.81 % entre el número de granos por diez vainas, estos valores son inferiores a lo reportado por T. Shagarodsky *et al.* (2016) quien obtuvo un valor de 17.02 granos en una investigación con plantas de garbanzo aplicando quitosano y ácido salicílico + algas marinas.

En el peso de cien granos el valor más alto lo obtuvo la combinación de ácidos salicílicos + quitosano con un promedio de 94.86 g mientras que el menor valor fue de 78.875 g, eso quiere decir que hay una diferencia de 18.39 % en el peso de cien granos con el tratamiento antes mencionado, este dato es superior a lo reportado por Ayoub *et al.* (2022) quien en una investigación obtuvo un valor de 56.8 g con aplicaciones de algas marinas y ácido salicílico en plantas de garbanzo.

## CONCLUSIONES

Para producciones de garbanzo se recomienda aplicaciones de ácido salicílico + quitosano a dosis de 6.7 mM + 670 mcg $mL^{-1}$ debido a que se aumenta en más de 2.96 cm en promedio el desarrollo de la planta y 7.13 g la producción en comparación con plantas sin aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AgroMeat (2018). Garbanzo de cultivo marginal a un negocio de exportación. [cited 18/07/2019]. Available from: https://www.agromeat.com/242743/garbanzo-de-cultivo-marginal-aun-negocio-de-exportacion

Arteaga DM (2019). Incentivan en Villa Clara siembra del garbanzo mediante innovación local [Internet]. Agencia Cubana de Noticias (ACN). 2019 [cited 18/07/2019]. Available from: http://www.acn.cu/economia/42765-incentivan-en-villa-clara-siembra-del-garbanzo-medianteinnovacion-local-fotos

Ayoub *et al* (2022). Respuesta del cultivo garbanzo (*Cicer arietinum l.*) a la inoculación con *mesorhizobium.* Nexo Agropecuario. 10 (1).

Carrasco G; Sandoval C (2016). Manual práctico del cultivo de lechuga. España: Ediciones mundo prensa

FAO (2015). La ONU lanza el Año Internacional de las Legumbres: protagonismo para frijoles, lentejas y garbanzos [Internet]. [cited 18/07/2019]. Available from: http://www.fao.org/news/story/es/item/343628/icode/

Hidalgo RRJ (2020). Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en la zona de Simón Bolívar provincia de Guayamas. Tesis de licenciatura.

Hassan SM; Ashour M; Sakai N; Zhang L; Hassanien HA; Gaber GAA (2021). Impact of seaweed liquid *extract biostimulant* on growth yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). Agriculture 11(320): 1-16.

Infoagro (2015). Agricultura. El cultivo del garbanzo. [Internet]. infoagro.com. [cited 16/07/2019]. Available from: http://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm

Intagri, Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura (2016). Uso de Extractos de Algas (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulantes en Agricultura. Extraído de https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-de-extractos-de-ascophyllum-nodosum.

Jabow MKA; Ibrahim OH; Adam HS (2015). Yield and water productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by different irrigation regimes and varieties under semi desert climatic conditions of sudan [Internet]. ResearchGate [cited 18/07/2019]. doi:http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.611124.

Land (2020). Ácido succínico para plántulas de tomate. Fecha de consulta: 20/02/2024.

García MO; Scull TS; Rocafull BDÁ; Estrada YR; De Cádiz GDC (2012). Efecto de la aplicación combinada de *Mesorhizobium sp. y Bacillus megatherium* en el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L). Agrotecnia de Cuba, 36(2).

Pergolini S (2011). Factores que explican las variaciones de rendimiento del cultivo de soja entre los sectores de Bajo y Loma. http://www.elsitioagricola.com/articulos/pergolini/asp.

Pulido M; Lobo D; Lozano Z (2009). Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. Agrociencia, 43(3): 221-230.

Ronda HR (2025). Comportamiento morfoagroproductivo del cultivo de garbanzo en condiciones edafoclimáticas del municipio Primero de Enero. Universidad & ciencia,14(1): 73-87.

Shagarodsky T; Chiang ML; Cabrera M; Chaveco O; López M; y Dibut B (2005). Manual de instrucciones técnicas para el cultivo del Garbanzo (*Cicerarietinum L.*) en las condiciones de Cuba. INIFAT-ETIAH, Holguín.

Shagarodski T (2004). Informe de una mutación en la colección cubana de garbanzo (*Cicer arietinum* L). Cultivos Tropicales. 25(4):75–76.

Yagmur B; Gunes A (2021). Evaluation of the effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and quality parameters of tomato plants in organic agriculture by principal component analysis (PCA). Gesunde Pflanzen 73: 219-228.