

EFFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS CRECIMIENTO VEGETAL EN EL RENDIMIENTO DE JAMAICA CRIOLLA (*Hibiscus sabdariffa*) EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO, MÉXICO

Lorenzo Cruz Erendira

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero
Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

Ventura Cantú Lizeth

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero
Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

De Jesús Acatitlan Imelda E

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero
Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Ojendiz Mata Yad Ciri

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

Romero Ramírez Yanet

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

Rodríguez Barrera Miguel Ángel

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

Forero Forero Angela Victoria

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad de México. México

Ortega-Acosta Santo Ángel

Facultad de Ciencias Agropecuarias Y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero Iguala de la Independencia, Gro

Toribio Jiménez Jeiry

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. Universidad Autónoma de Guerrero Chilpancingo de los Bravo Guerrero-México, México

Resumen: En México, *Hibiscus sabdariffa* L., es el cultivo de mayor importancia para la economía mexicana con base en el número de empleos que se genera en cada ciclo de cosecha. Los principales estados productores son Guerrero y Oaxaca, sin embargo, los rendimientos que se obtienen son muy bajos debido a los problemas fitosanitarios que se presentan durante el cultivo. Ante esta panorámica y en busca de generar alternativas productivas que ayuden a mitigar estas problemáticas y mejorar los rendimientos de manera sostenible, evaluamos dos biofertilizantes a base de consorcios a base de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) elaborados por Tratamiento 1 (T1) (2 cepas de *Klebsiella* sp HPAA3 y PB02), y el Tratamiento 2 (T2) (*Pseudomonas putida* y 3 cepas de *Serratia* sp M, T457 y 5H2) y el Tratamiento 3 (T3) (agua) en una parcela demostrativa de jamaica criolla, y se hicieron las estimaciones económicas de cada bioformulado. Se hicieron cuatro inoculaciones en todo el ciclo del cultivo por asperjado y en la base del tallo. Al final del ciclo se cosecho por tratamiento y se obtuvo el rendimiento en t/ha⁻¹ en cada parcela. Los resultados obtenidos en el T1 y T2 fueron 2 t/ha⁻¹, y el T3 con solo 1 t/ha⁻¹ de peso seco respectivamente, así mismo los costos de producción sacando mejores beneficios económicos aplicando los tratamientos. Finalmente, los tratamientos a base de BPCV ejerce mayor efectividad y, por ende, son una sólida alternativa ecológica para pequeños y grandes productores de jamaica.

Palabras Clave: jamaica, BPCV, biofertilizante, consorcio, rendimiento.

INTRODUCCION

En México la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo que tiene una gran atracción por sus propiedades y múltiples usos de mayor importancia socioeconómica, se cultiva con

finés de consumo nacional y exportación. México destina anualmente más de 20,000 ha y se cosecha un aproximado de 14 mil ha de *Hibiscus sabdariffa* L., con rendimiento de 410 kg/ha (SIAP, 2021). En los estados de Guerrero y Oaxaca se cultiva 84 % de la superficie cosechada y se obtiene 76 % de la producción nacional siendo beneficiados 3722 productores en el municipio de Tecoaapa (SIAP, 2021), y las variedades criollas presentan rendimientos promedio de cálices secos de 250 a 300 kg/ha (Barrios *et al.*, 2017). El estado de Guerrero se ha visto afectado desde hace varios años por enfermedades fitosanitarias denominadas manchado de hojas y cálices de la jamaica inducida por *C. cassicola*, enfermedad que tiene una amplia distribución en la zona, que causa pérdidas significativas de la producción hasta un 100% (Ortega *et al.*, 2015). Además, que en Guerrero se han estimado pérdidas totales. Ante esta panorámica y en busca de generar estrategias de control para estas enfermedades y mejorar los rendimientos de manera sostenible, la presente investigación tiene como finalidad la formulación de un biofertilizante como alternativa para el cultivo de jamaica donde se ofrecen nuevas oportunidades de desarrollo de insumos amigables con el medio ambiente que hagan de frente a esta demanda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de estudio y preparación de la parcela demostrativa: El experimento se realizó en una parcela demostrativa en la comunidad del Pericón, municipio de Tecoaapa en la región de la Costa Chica de Guerrero, en el periodo de temporal de julio-diciembre de 2021, la parcela se utilizó exclusivamente para jamaica, esta zona cuenta con un suelo franco arcilloso arenoso. Se seleccionaron semillas criollas en buen estado que fueron donadas por una productora de la comunidad, con un total de 30 surcos de aproximadamente 60 m de

largo por 50 m de ancho con 432 plantas por surco. Para la parte experimental se utilizaron 10 surcos por tratamiento, usando de 4 a 7 semillas por pocillo de 20 cm de profundidad a un espacio de 60 cm de separación entre cada pocillo. El riego fue de temporal y el T3 (testigo absoluto), las plantas se cultivaron de forma tradicional (la siembra consistió en el deshierbe y sin agroquímicos).

Selección y descripción de las cepas bacterianas: Las cepas que se utilizaron fueron donadas por el biobanco del Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Guerrero. Posteriormente fueron reactivadas en agar nutritivo e incubadas a 37 °C/24 hrs. Tras estudios realizados a base de (*Serratia sp* M, T457, 5H2, *Pseudomonas putida* y *Klebsiella sp* HPAA3 +PB02) (Orbe *et al.*, 2020 y Patricio *et al.*, 2020), se ha comprobado una gran efectividad debido a su capacidad para el mejoramiento de *H. sabdariffa* L., debido a que presentan capacidad de producción de fitohormonas, fijación de nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de enzimas líticas y sideróforos (Nava *et al.*, 2017).

Diseño de los consorcios y preparación de bioformulaciones: Se formularon dos tratamientos (T1 o tratamiento 1) consistió en un biofertilizante a base de *Klebsiella sp* (HPAA3 + PB02) y el T2 a base de *Pseudomonas putida* y *Serratia sp* (M, T457 y 5H2). Para la preparación de los inóculos se usó la concentración de $1-2 \times 10^8$ UFC/ml de cada cepa bacterianas en caldo nutritivo (BD Bioxon™). El inóculo final de bajo costo se hizo a un volumen de 8 litros (6 L de agua estéril, 200 gramos de melaza, 1.7 L de solución salina al 0.8% y 100 mL de cada cepa bacteriana). Se dejó estabilizar durante 3 días (para que las cepas se activaran metabólicamente) (Orbe *et al.*, 2020). Para la inoculación se utilizó un litro del inóculo final por cada 19 litros de agua para cargar las bombas de aspersión.

Inoculación de plantas por tratamiento: A los 15 días posteriores de la siembra de las semillas de jamaica se realizó la primera inoculación, para esto se usó una bomba de aspersión de 20L Truper® por tratamiento previamente desinfectadas. Para asperjar se impregno toda la planta y la base del tallo con la finalidad de alcanzar la rizosfera, en total se realizaron cuatro inoculaciones con las mismas condiciones y concentraciones de BPCV en los días 15, 47, 75 y 121 respectivamente durante el desarrollo del cultivo, finalizando la producción en el día 197 con el corte, se obtuvo el peso fresco y seco de los cálices en los tres tratamientos (Norhayati *et al.*, 2019). Durante todo el ciclo se vigiló la aparición de signos y síntomas de las enfermedades para negra y manchado de cáliz (Ortega-Acosta *et al.*, 2015).

Registro de datos y obtención de costos de los bioformulados: Para lograr una buena administración, primero que nada, se registraron los gastos durante el ciclo del cultivo y al finalizar las ventas. En base a la suma de los materiales utilizados en el laboratorio e insumos para elaborar los bioformulados se calculó el costo para el agricultor.

Obtención de rendimientos en peso fresco y seco de cálices de jamaica: Al final del ciclo de 186 días se cosecharon en bolsas etiquetadas por tratamientos los cálices frescos, obteniendo una producción diferencial de cada tratamiento basado en los rendimientos t/ha^{-1} . Se utilizaron los datos de la distancia de plantas, distancia en surcos, total de plantas. Se convirtió kg a g; se utilizó $1 ha^{-1}$ y con la obtención de la densidad de población (DP), se pudo calcular el rendimiento de los dos tratamientos en peso fresco y seco.

Taller a los productores de jamaica: Durante el ciclo del cultivo se invitaron a los productores para mostrar la parcela demostrativa del experimento e instruirlos sobre los cuidados agroecológicos que beneficiaran a su cultivo, por ende, se les aplicó un cuestionario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron en campo abierto en una parcela demostrativa la producción en peso fresco y seco de la jamaica criolla, en un poblado del municipio de Tecoaapa, en región Costa Chica en Guerrero., como ya se dijo y se ha probado que las BPCV favorecen los rendimientos de los cultivos agrícolas, por lo que se está demostrando los rendimientos que en un estudio anterior se probaron, en condiciones diferentes. En la figura 1 se muestran las etapas desde la preparación de la parcela hasta la cosecha y en la tabla 1, se muestran los rendimientos totales en toneladas por hectárea.

Las BPCV son gran potencial para ser insumos de primera necesidad para los pequeños y grandes productores y, por ende, disminuir el abandono a sus cultivos, los rendimientos obtenidos se encuentran arriba de la media estatal reportado por el SIAP en el 2020 al obtener 0.41 t/ha^{-1} , de la cual Orbe *et al.*, 2020 reportaron una producción de 0.43 t/ha^{-1} en su tratamiento A, tratamiento B (0.28 t/ha^{-1}) y en su control absoluto (0.19 t/ha^{-1}) en comparación a su parcela dos 0.46 t/ha^{-1} 0.47 t/ha^{-1} y 0.43 t/ha^{-1} respectivamente. La diferencia tan drástica reportada por Orbe y colaboradores puede estar determinada por los nutrientes presentes en el suelo. Esto evidencia la eficacia en el uso de BPCV, sin embargo, los rendimientos se encuentran por debajo de lo reportado por los estados de Puebla y Jalisco.

Por su parte Patricio *et al.*, (2020) determinaron de manera individual que los géneros mas utilizados en el cultivo de *H. sabdariffa L.*, que las *Pseudomonas sp* y *Serratias sp*, son capaces de proteger a las plantas de enfermedades, y aquí demostramos que esta combinación fue capaz incrementar el rendimiento a diferencia del T3 e inhibir eficazmente microorganismos fitopatógenos, la diferencia de la salud de los calices se

muestran en la figura 3, en donde de manera visual los T1 y T2, se ven mucho mejor que el T3, y esto se percibe a los ojos de los productores.

Los productores que deciden cultivar jamaica lo hacen porque esperan incrementar sus ganancias. Para lograr esto, se deben combinar varios factores tales como un precio alto del producto en el mercado (alta demanda), una producción alta, oportuna, y de bajo costo. El productor no puede controlar el precio en el mercado, pero si el volumen y costos de producción. La producción se controla al elegir entre las diversas alternativas tecnológicas disponibles en el mercado y los costos se manejan tanto al elegir la tecnología o sistema de producción. La presente investigación da como resultado una propuesta de paquete tecnológico para producir a bajo costo, por lo que, si los productores eligen y aplican al pie de la letra, se contribuye a lograr los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda del plan estratégico al 2030, con el fin de promover la agricultura sostenible. Con los datos registrados en la bitácora, capturados y ordenados en la hoja de cálculo, se procedió al análisis de los datos para poder tomar decisiones como se muestra en las tablas 2.

El rendimiento promedio por hectárea a nivel municipio, es de 300 a 350 kg por hectárea de jamaica seca, valor que se encuentra por arriba del rendimiento a nivel nacional. El precio cambia de acuerdo con la variedad y calidad del producto, la jamaica criolla tiene mayor apreciación por la acidez en comparación a otras variedades que tienen más color que acidez en los últimos tres años. Cauch y colaboradores (2020) reportan los primero indicadores de competitividad a nivel empresa o unidad económica en pequeños y grandes productores en relación al ingreso, el costo, la competitividad precio-costo y la competitividad tasa de ganancia, ya que su



Figura 1. A) parcela de trabajo. B) desarrollo de la planta. C) floración del cultivo. D) desarrollo del cáliz. E) cosecha y F) peso fresco.

	Peso fresco (Kg)	Rendimiento t/ha ⁻¹ peso fresco	Peso seco (Kg)	Rendimiento t/ha ⁻¹ peso seco
T1	106	22	10	2
T2	88	19	8	2
T3	44	9	4	1

Tabla 1. Rendimiento total de cada tratamiento en la parcela expresado en t/ha⁻¹ en fresco y seco.

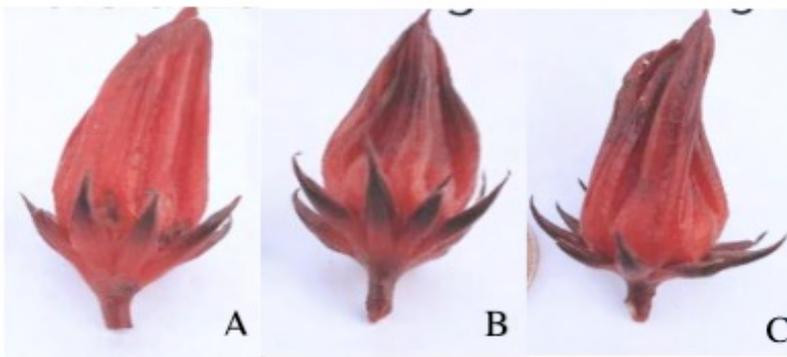


Figura 3. Diferencias entre los tratamientos A (T1), B (T2) y C (T3) en los cálices frescos de *H. sabdariffa* L.

CONCEPTO	UNIDAD	T3	T2	T1
Superficie	(m ²)	1,800	1,800	1,800
Ciclo de producción	Mes	6	6	6
Ciclos por año	Ciclo	1	1	1
Costos variables		380	466	466
Labores manuales	(\$)	240	240	240
Labores mecanizadas	(\$)	100	100	100
Semilla	(\$)	40	40	40
Biofertilizante	(\$)		86	86
Costos fijos		364	736	628
Renta de parcela	(\$)	100	100	100
Pago por kilo fresco	(\$)	264	636	528
Costo total de producción	(\$)	744	1,202	1,094
Producción total en peso fresco	kg	44	106	88
Producción total peso seco	kg	4	10	10
Ingresos	\$	800	2,000	1,600
Ganancia neta	(\$)	56	798	506

Tabla 2. Costos desglosados e indicadores de rentabilidad de tres tratamientos en una parcela demostrativa de jamaica criolla.



Figura 4. Aplicación del taller a los productores de jamaica en El Pericón. A). Comenzando el taller en la cancha de El Pericón, municipio de Tecoaapa, B). Mostrando a los principales productores de jamaica las parcelas demostrativas, C). Aplicando cuestionario a los productores para evaluar los tratamientos.

principal objetivo es resaltar la capacidad de obtener beneficios entre la unidad económica (países, regiones y empresas) dedicadas al cultivo de jamaica, el análisis económico se plantea como indicador de rentabilidad en las ganancias que se generan.

Tomando en cuenta la producción de jamaica criolla en t/ha⁻¹ sus rendimientos en peso fresco fueron; T3 (control) 44 Kg, T2 106 Kg y el T3 88 Kg, pagado al jornalero en \$6.00 por kilo con un total de egreso de \$1,428.00 pesos, en cuanto a pesos seco se obtuvieron rendimientos del T1 4 Kg, T2 10 Kg y T3 8 Kg, dando un total de 22 Kg en peso seco y vendidos a un precio de \$ 200.00 pesos por kilo, dando como resultado un costo total de ingreso de \$ 4,400.00 pesos cultivado en 3,400 m². Esto indica al productor el monto total erogado de la inversión durante el cultivo y los ingresos que se obtuvieron mediante las ganancias de cada tratamiento, es necesario resaltar que el ingreso fue bueno, debido a que el precio por kilo de jamaica fue relativamente estable. Mientras que Cauch y colaboradores en (2020), ponen en evidencia la eficacia en el uso de microorganismos promotores de crecimiento vegetal y afirman que biofertilizar a base de microorganismo resulta rentable para pequeños y grandes productores, debido a que el costo de producción es menor a los ingresos.

El análisis de costo es un indicador que los productores deben tener en cuenta para la toma de decisiones y de esta manera dar un plus en la adopción de ecotecnologías amigables con el medio ambiente que mejoren la calidad y rendimientos, con la finalidad de generar ingresos importantes en lugar de abandonar sus cultivos por problemas de diferentes indoles.

En cuanto al taller demostrativo a los agricultores de la comunidad con la finalidad de transferir los resultados obtenidos usando BPCV para la producción de jamaica,

acudieron

hombres y mujeres, se les explico las bondades del uso de biofertilizantes a base de BPCV como alternativa para fertilizar y proteger a las plantas de plagas o enfermedades (figura 4).

A la mayoría de las personas que se entrevistó son agricultores desde hace mucho tiempo, han tenido problemas en sus cosechas de jamaica criolla a causa de la presencia del hongo *C. cassiicola*, al ver nuestros avances en la parcela demostrativa, les agradó mucho nuestra estrategia de control de enfermedades en el cultivo, y nos dieron propuestas de costo arriba de \$500 pesos, lo que es una cantidad elevada a comparación de nuestra propuesta a base de BPCV es de \$100 pesos mexicanos por cada litro de biofertilizante, que rinde para 200L de agua, con respecto a los costos esta propuesta es altamente rentable, viable, segura para la salud ambiental e incrementa la producción de jamaica

CONCLUSIÓN

El uso de BPCV en los cultivos de jamaica criolla es una buena estrategia amigable con el ambiente, fácil de aplicar, bajo costo, y altamente rentable que ayuda a incrementar los rendimientos en t/ha⁻¹ en la costa chica en el estado de Guerrero, México.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la familia Ojendis Mata por el apoyo logístico del proyecto en la comunidad y así mismo a todos los productores que asistieron al taller y firmaron su consentimiento para estar presentes, y a la MC. Yolanda Escalante por sus aportes en la interpretación de algunos datos.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no haber problemas de conflictos de intereses para su publicación

REFERENCIAS

Barrios, A. A. M. A., Otero, S. R., Ariza, F., y Michel, A. A. C. (2017). Genotipos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) tolerantes a la pata prieta y agrónomicamente deseables para Guerrero. Urías, LM A. Aportaciones científicas a la horticultura mexicana. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit. Libro científico, (3), 382.

Cauch, I. C., Rodríguez, J. F. G., Fernández, V. G. P., y Ambrosio, V. L. (2020). Análisis de la rentabilidad de la producción de Flor de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*). Panorama Económico, 28(2), 94-101.

Nava CG. y Gutiérrez IG. (2017). Evaluación de *Klebsiella variicola*, *Klebsiella pneumoniae* y *Klebsiella quasipneumoniae* como reguladoras de crecimiento radicular de *Solanum lycopersicum*. Universidad Autónoma de Guerrero. Tesis de Licenciatura no publicada. Guerrero, México.

Norhayati, Y., Ng, W. H., y Dzemi, M. (2019). Effects of organic fertilizers on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) on Bris soil. Malaysian Applied Biology, 48(1), 177-184.

Orbe-Díaz, D.I., Sampedro-Rosas, M. L., Juárez-López, A.L., Palemón-Alberto, F., Ramirez-Roja, S. G., Forero-Forero, Á. V., y Toribio-Jiménez, J. (2020). Application of two microbial consortia to promote the yield of creole jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) in Guerrero, Mexico. Revista Mexicana de Industria y Salud. 2 (13). ISSN: 2594-1445.

Ortega-Acosta, S. A., Hernández-Morales, J., Ochoa-Martínez, D. L., y Ayala-Escobar, V. (2015). First report of *Corynespora cassiicola* causing leaf and calyx spot on roselle in Mexico. Plant Disease, 99 (7), 1041-1041.

Patricio-Hernández, A., Ortega-Acosta, S. Á., Ramírez-Peralta, A., Ayala-Sánchez, A., Palemón-Alberto, F., Toledo-Hernández, E., y Toribio-Jiménez, J. (2020). Antagonistic bacteria for biospace control of roselle spot (*Corynespora cassiicola*) of *Hibiscus sabdariffa*. Revista Mexicana de Fitopatología, 38(3), 450-462.

SIAP. (2020). Estadística de Producción Agrícola. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php.

SIAP. (2021). Estadística de Producción Agrícola. Sistema de Información Agrícola y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php.