

CONSORCIOS MICROBIANOS MEJORAN EL RENDIMIENTO DE *LACTUCA SATIVA* L AL SUR DE MÉXICO

Diana Iveth Orbe-Díaz

Centro de Ciencias de Desarrollo Regional,
Universidad Autónoma de Guerrero,
Acapulco, Guerrero
Acapulco de Juárez, Guerrero
Laboratorio de Microbiología Molecular
y Biotecnología Ambiental, Facultad de
Ciencias Químico Biológicas, Universidad
Autónoma de Guerrero, Chilpancingo,
Guerrero, México

María Laura Sampedro-Rosas

Centro de Ciencias de Desarrollo Regional,
Universidad Autónoma de Guerrero,
Acapulco, Guerrero
Acapulco de Juárez, Guerrero

Ana Laura Juárez-López

Centro de Ciencias de Desarrollo Regional,
Universidad Autónoma de Guerrero,
Acapulco, Guerrero
Acapulco de Juárez, Guerrero

Francisco Palemón-Alberto

Departamento de Agronomía, Facultad
de Ciencias Agropecuarias y Ambientales,
Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala,
Guerrero, 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).



Sergio Gabino Ramírez-Rojas

Laboratorio de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), campo experimental Zacatepec
Zacatepec, Morelos, México

Angela Victoria Forero

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

Yanet Romero-Ramírez

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

Jeiry Toribio-Jiménez

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

Resumen: La producción de *Lactuca sativa* L., en el sur de México está muy limitada, aunque contamos con las condiciones climatológicas, y la experiencia en el cultivo al aire libre de los productores en el municipio de Tixtla de Guerrero, sin embargo, estos no son suficientes para lograr tecnificar el cultivo y lograr figurar entre los primeros estados productores a nivel nacional, aunado a esto el uso excesivo de agroquímicos y la falta de canales de comercialización del cultivo dificultan su avance. Por lo que nos propusimos evaluar consorcios microbianos para incrementar la promoción y el rendimiento de *Lactuca sativa* L. Esto se hizo en parcelas demostrativas donde se inocularon las semillas al inicio del cultivo con siete tratamientos diferentes previamente identificadas como MPCV y por técnicas de biología molecular. Se obtuvieron los rendimientos Ton/Ha⁻¹⁰ de cada tratamiento, solo los consorcios con especies de *Klebsiellas sp* son los que tienen mayores rendimientos de cuanto al peso del producto, con 38.9 y 32.9 Ton/Ha a diferencia de los demás, pero ningún tratamiento fue estadísticamente significativo. Por lo que debemos seguir probando combinaciones de especies de MPCV para incrementar la producción agrícola.

Palabras clave: *Klebsiella*, lechuga, microorganismos, promoción, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

México es el séptimo productor mundial de lechuga, los estados con mayor producción son: Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Aguascalientes y Baja California, las variedades más cosechadas es la romana y orejona; las condiciones para su producción son altitud entre 800-2500 msnm, temperaturas entre 12-21 °C y tarda un promedio de 100 días desde su germinación hasta su cosecha; en la actualidad se cultiva

al aire libre e invernaderos, en suelo, con técnica hidropónicas y actualmente en granjas verticales (SIAP, 2020); esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo. Dentro de México, la lechuga se produce principalmente en regiones con alto nivel productivo; sin embargo, existen zonas como Oaxaca, Chiapas y Guerrero, que presentan condiciones óptimas para cultivar este producto que no son aprovechadas.

El estado de Guerrero, a pesar de ser el primer productor nacional de jamaica, coco y mango tiene un rendimiento en Ton/Ha bajo para lechuga, y eso es por el atraso, poca o nula tecnificación de sus cultivos; en 2019 solo se sembraron 5 Ha de lechuga, obteniendo un rendimiento de 7.86 Ton/Ha, este cultivo solo se lleva a cabo intensificado en la comunidad de Tixtla De Guerrero; en esta misma comunidad Martínez-Blanco *et al* (2020) realizó un experimento a campo abierto evaluando 2 consorcios microbianos obteniendo lechugas de hasta 800 g a diferencia de 400 g del control y fertilización química.

En el estado de Guerrero, la orografía y tipos de suelo propicia una gama climática y edafológica donde prácticamente se adaptan la mayoría de las especies vegetales de interés económico; sin embargo, a pesar de que la producción agrícola del estado es muy diversificada es de las más atrasadas tecnológicamente, como resultado de factores culturales, socioeconómicos y naturales, haciendo que el régimen de producción sea en su mayoría de temporal; aunado al predominio de suelos con fertilidad media y baja, empobrecidos por el mal manejo. En la actualidad la agroecología está aportando las bases científicas, metodológicas y técnicas para una nueva “revolución agraria” a escala mundial. Los sistemas de producción fundados en principios

agroecológicos son biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, socialmente justos y constituyen la base de una estrategia energética y productiva fuertemente vinculada a la soberanía alimentaria (Altieri, 2009; Ferguson and Morales, 2010).

Si bien el uso de fertilizantes a base MPCV's (microorganismos promotores de crecimiento vegetal) se ha implementado desde los años 90 en México y principalmente en hortalizas, el acompañamiento y asesoramiento técnico es indispensable a la hora de probar este tipo de tecnologías, ya que eso favorece la transferencia de tecnología con los productores, tal es el caso de este estudio que pone un antecedente más de aprovechamiento de las condiciones favorables para el cultivo de lechuga que existen en el país, volviéndolo muy atractivo para detonar su producción y posicionar a los pequeños productores de lechugas a cielo abierto y al mismo tiempo hacer una transición hacia cultivos orgánicos (Armenta-Bojorquez, 2010; INIA, 2017; SIAP, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en la comunidad de Tixtla ubicado entre los paralelos 17°29'31" y 17°42'37" latitud norte y en los meridianos 99° 15' 27" y 99° 28' 57" de longitud oeste. Tiene una extensión de 355 km², que representa 3.29% de la superficie regional y 0.56% de la estatal. La parcela donde se llevó a cabo los experimentos es rentada por el productor y tiene una extensión de 750 m², al estar en colindancia con una laguna (aproximadamente 50 m de la orilla) solo se siembra en los meses de enero a mayo, se inicia con un ciclo de lechuga (enero a marzo) y se rota con cilantro y ornamentales (marzo a mayo), el resto del año la parcela permanece inundada. La inversión inicial para esta parcela es de \$6,000 por hectárea

que cubre los gastos de insumos y bioinsumos (semillas, agroquímicos, gasolina, podas y barbechado o preparación de la tierra).

REACTIVACIÓN DE CEPAS E IDENTIFICACIÓN MOLECULAR

Se utilizaron 12 cepas que fueron tomadas del Biobanco del Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero, fueron aisladas de los jales mineros El Fraile, de la periferia del río azul (Chilpancingo, Gro) y de rizosfera de plantas de plátano, y se caracterizaron como BPCV (bacterias promotoras de crecimiento vegetal), por su capacidad de fijar nitrógeno, solubilizar fosfatos, producir fitohormonas, enzimas líticas y sideróforos (ver Tabla1) (Herrera-Quiterio *et al.*, 2020).

Las cepas conservadas en glicerol a -20°C (RP32, RP23, SP4, RP28, SN3, SP20, A2d, SA6 SN5, SA3, PB-02 y HPA-43) fueron reactivadas en agar nutritivo a $37^{\circ}\text{C}/24\text{h}$, posteriormente se colocó una colonia de cada cepa en 10 ml caldo nutritivo durante 16 h, o hasta alcanzar una D.O. de 0.8-1 a 600 nm que equivale a $1-2 \times 10^8$ UFC (Modificado de Guani y Morales, 2019). Así mismo, se usó una cepa de *Trichoderma harzianum* proporcionada por el Laboratorio de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y se empleó 5 mL/1 L de una suspensión de esporas a una concentración de 1×10^3 (Michel-Aceves *et al.*, 2008).

EXTRACCIÓN DE ADN E IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE LAS BPCV

Una vez activas las cepas, se extrajo ADN cromosomal de cada una por el método de choque térmico (González *et al.*, 2011). Posteriormente, se procedió a hacer

la PCR del gen 16S ADNr, siguiendo las recomendaciones de González *et al.*, 2016.

SECUENCIACIÓN Y ANÁLISIS DE SECUENCIAS

Después de la amplificación del gen 16S DNAr, se prepararon las muestras para la secuenciación agregando 1 μl de la enzima ExoSAP (Affimetrix®), se colocaron los tubos de reacción en el termociclador a 37°C durante 45 min, seguido de 85°C por 15 min, después de este tiempo se obtienen los productos purificados y se prepararon en placas para secuencias ajustando un volumen final de 20 μl , así mismo se prepararon las placas usando los primers 27F y 1492R a 5 μM (Applied Biosystems®, Foster City, CA) en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las bases y las secuencias fueron verificadas por inspección manual en Sequencher v4.5 (Gene Codes Corporation, Ann Arbor, MI) (Weisburg, *et al.*, 1991; Hoffman & Arnold, 2010)

El consenso de secuencias se realizó por BLAST para la identificación preliminar en niveles taxonómicos superiores, posteriormente se hicieron alineamientos múltiples en Bioedit y los análisis filogenéticos en MEGA 7.0. Las secuencias se agruparon en unidades taxonómicas operacionales (OTU) basadas en el porcentaje de identidad de secuencia (Kumar, *et al.*, 2016).

DETERMINACIÓN DEL ORIGEN CLONAL DE LAS BPCV POR ERIC-PCR

Para determinar la clonalidad de las cepas en la PCR se utilizaron los primers ERIC- 2 (5' AAGTAAGTAACTGGGGTGA GCG3') y ERIC-1R (5' CACTTAGGGGTC CTCGAATGTA 3'). La mezcla de reacción y las condiciones fueron basadas por Valencia & Gómez, 2012.

PRUEBAS DE COMPETENCIA MICROBIANA

Se hizo una suspensión bacteriana (de cada cepa) al tubo 0.5 de MacFarland en solución salina al 0.9% v/v; en una caja de Petri con agar nutritivo, se colocó una gota de la suspensión con ayuda de una aguja de inoculación de madera para dispersarla de extremo a extremo. Se incubó 24 hrs/ 30 °C y se observó el crecimiento de las cepas, donde aquellas que crecieron más cercanas al centro se tomaron como sinérgicas y las que inhibían su crecimiento como antagonicas (Olivas E. 2004).

PREPARACIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS

Una vez definidos los consorcios que se utilizarían se colocó el pool de cepas que conforma cada consorcio (ver tabla 1) en volúmenes iguales dependiendo del caso en matraces de 100 ml con caldo nutritivo se incubaron durante 16 h o hasta alcanzar una D.O de 0.8-1 a 600 nm, el inóculo se llevó a un volumen de 1.5 litros colocando 700 ml de caldo nutritivo más 800 ml de solución salina al 0.9% v/v procurando que el volumen final quedé a la turbidez del tubo 0.5 McFarland.

GERMINACIÓN DE LAS PLANTAS DE LECHUGA

Se utilizaron semillas de lechuga proporcionadas por el agricultor C. Rubén Centella de la comunidad de Tixtla, se germinaron en almácigo y fueron regadas cada tercer día, a los 20 días fueron trasplantadas en surcos con una separación de 30 cm entre cada planta para colocar con mayor facilidad los tratamientos.

PRUEBAS DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA

Se utilizó un modelo de bloques al azar

para establecer la parcela de trabajo, en total se utilizaron 5 bloques para distribuir los 6 tratamientos con cuatro repeticiones, para un total de 84 plantas por tratamiento (ver figura 1). El cultivo duró 90 días desde el almácigo hasta la cosecha, durante ese tiempo tanto el control como los tratamientos fueron regados cada 3 días, no se le aplicó ningún tipo de fertilización y se realizaron trabajos de poda una vez al mes (Saavedra, *et al*, 2017).

Antes del trasplante las raíces fueron sumergidas durante 30 minutos en cada uno de los tratamientos descritos, las inoculaciones posteriores se realizaron colocando 10 mL del tratamiento en la base de tallo, para un total de inoculaciones en todo el ciclo de producción cada 15 días y al término del ciclo productivo se cosecharon, contaron y pesaron las lechugas en campo usando una balanza granataria (OHAUS® Triple Beam TJ2611) (Modificado de Rodríguez-Barona, *et al*, 2012).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron procesados en el programa IBM SPSS versión 22, primero se realizó una prueba de normalidad para observar la distribución de los datos, posteriormente se llevó a cabo un ANOVA de un factor para observar si los tratamientos presentaban diferencias significativas respecto al control y por último se hizo una comparación de medias (prueba de Tukey).

RESULTADOS

De las BPCV incluidas en este estudio se identificaron las cepas RP32, RP23, SP4, RP28, SN3, SP20, A2d, SA6 SN5 y SA3 como *Enterobacter cloacae* con un 99% de identidad todas ellas aisladas de los jales mineros “El Fraile” (Herrera-Quiterio *et al*, 2020), razón por la cual se decidió determinar el origen clonal de dichas cepas a través de una ERIC-PCR que diferencia las cepas bacterianas en

función de las variaciones en la ubicación de las secuencias ERIC presentes en el genoma bacteriano (Wilson and Sharp, 2006), observándose que se agrupan en dos orígenes clonales en la clona A se incluyen las cepas: SA3, SN3, SA6, SP4, RP28, A2d YSN5 y a la clona B a las cepas: RP32, RP23 Y SP20 (figura 2). Además, se incluyeron las cepas de *K. variicola* HPA43 y *K. quasipneumoniae* PB02 identificadas previamente y evaluadas *in vitro* por su capacidad de promoción del crecimiento radicular en jitomate (*Solanum lycopersicum* L) y *Tricoderma harzianum*, para ser evaluados en consorcios su efectividad sobre el rendimiento de Lechuga.

En las pruebas de competencia todas las cepas hacen sinergia a una concentración de $1-2 \times 10^8$ UFC, ya que al conjuntarse en el centro de la placa no se inhiben unas con otras (figura 3) está información fue agregada a las características que ya se tenían previamente de las cepas seleccionadas, observándose en la tabla 1, estos resultados aunados a las características fenotípicas de promoción de crecimiento vegetal, la identificación y la determinación del origen clonal de cada cepa da la pauta para poder discernir su uso en el consorcio, disminuyendo así el número de cepas en aquellos consorcios con hasta 11 microorganismos (tabla 2).

Al término del ciclo se cosecharon 468 en total lechugas, obteniendo por tratamiento el siguiente número de lechugas por tratamiento, se pesaron individualmente y se sacaron los rendimientos Ton/Ha⁻¹⁰ de cada tratamiento y se hizo una prueba de comparación de medias y se graficó con una diagrama de cajas y bigotes (grafica 1), en la prueba de Tukey no se observaron diferencias significativas entre los grupos comparados, lo que indica que todos los tratamientos ejercen un efecto benéfico sobre la planta y aumenta el peso de las lechugas, sin embargo en la gráfica de cajas y bigotes se puede observar

que el tratamiento 3 es el que tiene el mayor rendimiento en peso pero la distribución de los datos no es homogénea, concentrándose más en el tercer y cuarto percentil, por otro lado el tratamiento 6, tiene los segundos mejores rendimientos y teniendo una distribución de datos más homogénea.

Si bien todos los consorcios ensayados ejercen un efecto benéfico respecto al control, es el consorcio 3 el que destaca seguido del 6; se observó una mejora en la calidad del producto diferencia del control (figura 4).

DISCUSIÓN

En este trabajo se usaron consorcios de hasta 10 cepas aisladas diferentes muestras, en el estado de Guerrero. Ahamed & Vermmette (2008) señalan que la producción tanto en metabolitos como de biomasa aumenta en los cultivos mixtos en comparación a aquellos cultivos en donde se emplea una sola cepa microbiana, aunque también señalan que el número de microorganismos empleados para los consorcios deben ser bajos para evitar la inhibición de ciertos metabolitos como producto de la actividad bioquímica de cada microorganismo, por su parte Pantoja *et al* (2018) menciona la importancia de utilizar cepas nativas que estén aclimatadas a las condiciones propias de cada tipo de suelo según la región en la que se vayan a aplicar los MPCV's determinará en gran medida el éxito o fracaso de un biofertilizante, lo que concuerda con lo hecho en este estudio.

Ley-Rivas y colaboradores reportaban en 2011, resultados muy parecidos a los obtenidos en este estudio, pero utilizando hongos micorrizicos en dos variedades de lechuga. Otros autores (Stoll, *et al*, 2018; Muñoz, *et al*, 2015; Cerna-Yamali, *et al*, 2018) señalan el efecto benéfico del uso de microorganismos promotores de crecimiento en cultivos de lechuga en condiciones de invernadero, industriales o a cielo abierto, sin

embargo los microorganismos mayormente empleados son los del género *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Bacillus*, los microorganismos empleados en este estudio son de géneros distinto por lo que se destaca su potencial para el diseño de un biofertilizante.

Respecto al rendimiento, en 2020 se produjeron 551647 Ton de lechuga en el país (en 21 estados), con un rendimiento promedio de 24.33 Ton/Ha siendo Aguascalientes el mayor productor con un rendimiento de 39.86 Ton/Ha, Guerrero ocupó el lugar veinte con un rendimiento de 11.8 Ton/Ha (SIAP, 2020), los rendimientos de los tratamientos y el control en este trabajo sobrepasan la media nacional reportada para ese año y aunque no se observaron diferencias significativas en las prueba de comparación de medias, se observa como el tratamiento tres y seis tiene el mejor rendimiento lo que indica que son

la combinación de especies de *Klebsiella sp* solas y con *Trichoderma* son una opción para usar en mejorar el rendimiento de lechuga con 38.9 y 32.9 de rendimiento en Ton/Ha respectivamente, ya que los resultados son similares a lo reportado para el estado que más produce lechugas en el País. Por lo que este es un primer estudio sobre los beneficios directo del uso de especies de *Klebsiellas* aisladas del ambiente en la producción de Lechuga en campo.

CONCLUSIONES

Los consorcios con especies de *Klebsiellas sp* favorecen la producción y rendimiento a cielo abierto de lechuga, por lo que nos invita a ampliar los estudios sobre estas especies como BPCV sin afectar la salud humana y ver la posibilidad de incorporarla en los bioformulados.

REFERENCIAS

- Ahamed, A., Vermette, P. (2008). Enhanced enzyme production from mixed cultures of *Trichoderma reesei* RUT-C30 and *Aspergillus niger* LMA grown as fed batch in a stirred tank bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*. Volume 42, Issue 1, pp 41-46
- Albert L.A. (2015). Panorama de los plaguicidas en México [en línea]. <http://alef.mx/el-jarocho-cuatico-49-los-plaguicidas-en-mexico/17/04/2017.7>
- Altieri, M. (2009). Agroecology, Small Farms, and Food Sovereignty. *Monthly Review*. Vol.61 Pag102 DOI.10.14452/MR-061-03-2009-07_8.
- Armenta-Bojórquez A.D.; García-Gutiérrez C.; Camacho-Báez J.R.; Apodaca-Sánchez M.A.; Gerardo-Montoya L.; Nava-Pérez E. (2010) Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, vol. 6, núm. 1, pp. 51-56
- Cerna-Yamali, T., Salinas-Aranda, E., & Soriano-Bernilla, B. (2018). Sinergismo entre *Azotobacter chroococcum* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Lactuca sativa* lechuga". *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 519-526.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Consultado el 27 de marzo de 2020. Agroecology can help change the world's food production for the better. Disponible en: <http://www.fao.org/agroecology/overview/es/>
- Ferguson, B.G. and H. Morales. 2010. Latin American agroecologists build a powerful scientific and social movement. *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol.34 No. 4, pp.339-341, DOI: 10.1080/10440041003680049
- González-de la Cruz, J., Delfín-González, H., Cruz-Leyva, Ma. C. de la, Rojas-Herrera, R. A., & Zamudio-Maya, M.. (2011). Protocolo para la extracción de ADN metagenómico bacteriano del langostino *Macrobrachium carcinus* L. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 875-883.

- Guani & Morales. (2019). Evaluación de la capacidad de producción de lipasas en cepas de *Yarrowia lipolytica*. Vol. 6. 7º Encuentro de Jóvenes Investigadores. Universidad de Guanajuato. Celaya, Guanajuato.
- Herrera-Quiterio A., Toledo-Hernández E., Aguirre-Noyola J.L., Romero Y., Ramos J., Palemón Alberto F. y Toribio-Jiménez J. (2020). Antagonistic and plant growth-promoting effects of bacteria isolated from mine tailings at El Fraile, Mexico. *Revista Argentina de Microbiología*. 10.1016/j.ram.2019.08.003.
- Hoffman M.T., Arnold A.E. (2010). Diverse bacteria inhabit living hyphae of phylogenetically diverse fungal endophytes. *Appl Environ Microbiol*. 76: 4063-75
- INIA. (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA No. 9. INIA-INDAP, Santiago de Chile, Chile.
- Kumar V., Stecher G., Tamura K. (2016). MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis. Version 7.0 for bigger datasets. *Mol Biol Evol*; 33: 1870-4
- Ley-Rivas, J. F., Aliagar, L., Moron, C., & Furrázola-Gómez, E. (2011). Efecto del biofertilizante MICOFERT en la producción de dos variedades de lechuga en Perú. *Acta Botánica Cubana*, (213), 36-39.
- Little T. (2008). Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 2ª ed. México: Trillas. ISBN 978-968-24-3629-1
- Michel-Aceves A. C., Otero-Sánchez M. A., Martínez-Rojero R. D., Rodríguez-Morán N. L., ArizaFlores R. y Barrios-Ayala A. (2008). Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 14, núm. 2, pp. 185-191 Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México
- Muñoz, J., Muñoz, J. A., & Montes, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82.
- Olivas E. & Alarcon R. (2004). Manual de prácticas del laboratorio de Microbiología Básica y Microbiología de Alimentos. Depto. De Ciencias Químico-Biológicas. Universidad de Ciudad Juárez. Chihuahua.
- Pantoja M., Mendoza S., Valero N. (2018). Design of culture medium for biomass production of *Microbacterium sp.* (BSC3) to the humified organic matter generation from lignite. *Rev. Colomb. Biotecnol.* Vol. XX No. 1 Enero - pp 31 – 41. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.62764
- Rodríguez-Barona, S.; Zuluaga-Pava, Y.; Cruz-Ríos, D. (2012). Producto potencialmente simbiótico a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus*) aplicando impregnación a vacío *Scientia Agropecuaria*, vol. 3, núm. 4, pp. 273-278
- Saavedra G., Corradini F., & Antúnez A. (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA N° 374 ISSN 0717 – 4829
- Stoll, A., Olalde, V., & Bravo, J. (2018). Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal andinas sobre el crecimiento de plántulas de lechuga bajo condiciones industriales. *Bioteología y Sustentabilidad*, 1(1).
- SIAP. (2018). Atlas Agroalimentario 2018. Consultado el 20 de enero de 2020 en https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Toribio Jiménez J, Martínez Blanco B, Antonio Vejar V, Bello-Martínez J, Alberto Palemón F, Romero Ramírez Y, Orbe-Díaz D. (2020). Bacterias promotoras de crecimiento vegetal para incrementar la producción de *Lactuca sativa* L. en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [Internet].
- Valencia, R. and Gómez, L. (2012). Caracterización molecular de las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* J-01, J-96 y J-98, mediante protocolos rep-PCR Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 13, núm. 2, pp. 196-200
- Weisburg WG, Barns SM, Pelletier DA, Lane DJ. (1991). 16S ribosomal DNA for phylogenetic study. *J Bacteriol*; 173: 697-703
- Wilson, L. A. and Sharp, P. M. (2006). Enterobacterial repetitive intergenic consensus (ERIC) sequences in *Escherichia coli*: Evolution and implications for ERIC-PCR. *Mol. Biol. Evol.* 23: 1156 – 1168.

TABLAS, FIGURAS Y GRAFICAS

CEPA	MECANISMOS INDIRECTOS						MECANISMOS DIRECTOS			
	Lipasas	Proteasas	Amilasas	Celulasas	Esterasas	Sideróforos	Solubilización de fosfatos	AIA	Fijación de nitrógeno	Giberelinas
SP20	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
SA3	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
SN3	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+
SA6	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
RP23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP28	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
SN5	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
SP4	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
A2d	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
RP32	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Klebsiella variicola</i> HPA43	ND	ND	ND	ND	ND	+	+	+	+	+
<i>Klebsiella quasipneumoniae</i> PB02	ND	ND	ND	ND	ND	+	+	+	+	+
<i>Trichoderma harzianum</i>	+	+	+	+	+	+	ND	ND	ND	ND

+ = Positivo, - = Negativo, ND = No detectado

Tabla 1. Características fenotípicas de promoción de crecimiento vegetal de los microorganismos empleados.

CONSORCIO	CEPAS
1	<i>Trichoderma</i>
2	<i>Enterobacter cloacae</i> (cepas SP20, SA3, SN3, SA6, RP23, RP28, SN5, SP4, A2D y RP32)
3	<i>Klebsiella spp</i> (cepas HPA43 y PB02)
4	<i>Enterobacter cloacae</i> (cepas SP20, SA3, SN3, SA6, RP23, RP28, SN5, SP4, A2D, RP32) y <i>Trichoderma harzianum</i>
5	<i>Klebsiella spp</i> (cepas HPA43, PB02) y <i>Trichoderma harzianum</i>
6	<i>Klebsiella spp</i> HPA43 y <i>Trichoderma harzianum</i>
Control	Agua

Tabla 2. Conformación de los consorcios probados.

Consortio	Rendimiento Ton/Ha	Tukey
1	29.3	A
2	30.5	A
3	38.9	A
4	28.0	A
5	31.7	A
6	32.9	A
Control	25.3	A

Tabla 3. Rendimiento de la producción de *Lactuca sativa* L., y comparación de medias.

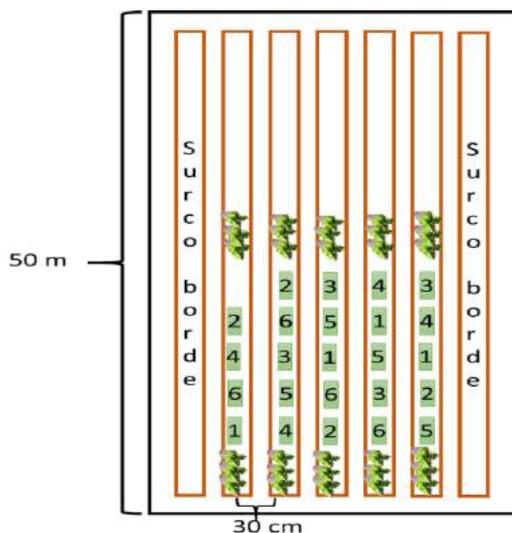


Figura 1. Esquema de la parcela de trabajo, con diseño de bloques al azar según Little T, 2008.

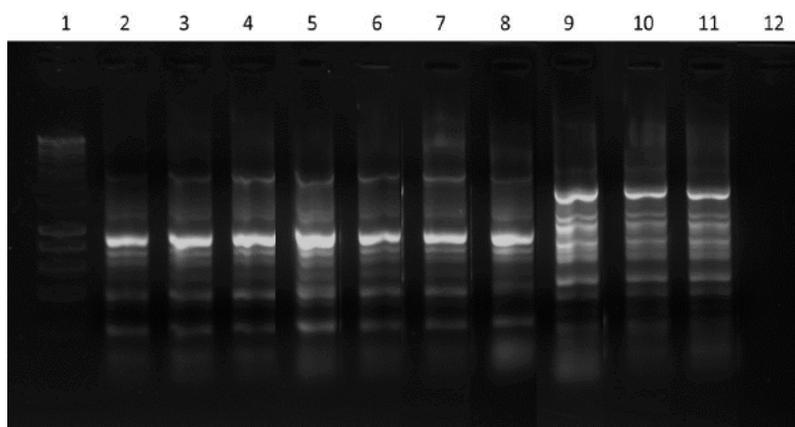


Figura 2. Análisis del ERIC-PCR de los *Enterobacter cloacae* empleados como BPCV., carril 1: Marcador de peso, carril 2: SA3, carril 3: SN3, carril 4: SA6, carril 5: SP4, carril 6: RP28, carril 7: A2d, carril 8: SN5, carril 9: RP32, carril 10: RP23, carril 11: SP20.

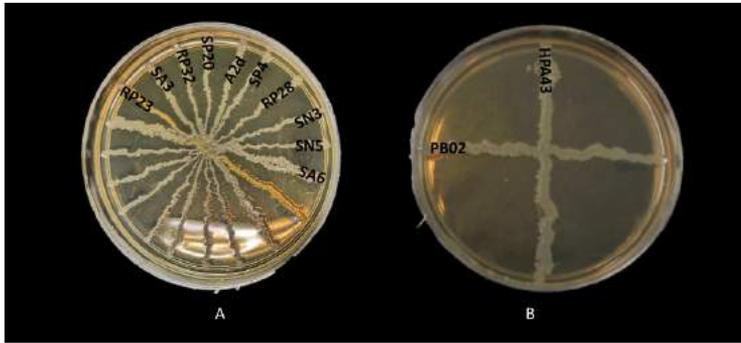
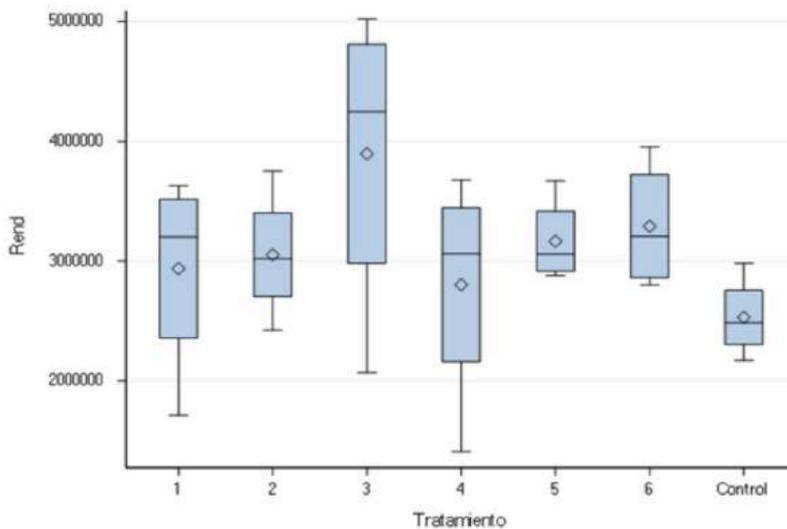


Figura 3. Pruebas de competencia microbiana. A) Prueba de sinergismo de las cepas bacterianas del consorcio 2 y 4, B) Prueba de sinergismo para cepas bacterianas del consorcio 3 y 5.



Figura 4. Hojas de lechuga de cada consorcio, en donde se muestra la calidad del producto.



Grafica 1. Diseño de bloques al azar, comparación de medias de consorcios en lechuga (Ton/Ha⁻¹⁰).