

10. Comparación de la microbiota edáfica en función del historial de uso de glifosato en naranja



JOSÉ MANUEL MACOTELA-CRUZ*

LAURA GÓMEZ-TOVAR**

MANUEL ÁNGEL GÓMEZ-CRUZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.293.10>

Resumen

El manejo agroecológico persigue la salud de los suelos, buscando promover las comunidades microbianas edáficas para establecer sistemas agrícolas que permitan el reciclaje de nutrientes, las relaciones simbióticas y el control de fitopatógenos por medio de organismos antagonistas. Esto se logra adicionando microorganismos locales reproducidos artesanalmente y proporcionando las condiciones idóneas para que estos desarrollen su actividad en el agroecosistema. Por otro lado, el manejo convencional emplea sustancias nocivas que atentan contra la microbiología de los suelos. En Papantla Veracruz, éste incluye el uso del herbicida glifosato. Se identificaron las especies de hongos y bacterias presentes en cinco suelos cultivados con naranja Valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck), dos agroecológicos y tres convencionales, en San Pablo, Papantla, Veracruz. Se contabilizaron propágulos de hongos y unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias. Para analizar las poblaciones microbianas y comparar los suelos, se emplearon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson y se realizaron estudios con cromatografías de Pfeiffer para comprar las características en un análisis integral de salud del suelo. En los terrenos bajo manejo agroecológico se

* Ingeniero en Agroecología. Colaborador del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9883-0688>

** Maestra en Ciencias. Profesora-investigadora del CIIDRI y del Departamento de Agroecología de la UACH, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8588-4436>

*** Doctor en Economía Agrícola. Profesor-investigador del CIIDRI de la UACH, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1410-3054>

encontró la mayor diversidad de microorganismos, mayor número de microorganismos benéficos y mejor salud del suelo en base a las cromatografías, índices de diversidad y cantidad de propágulos y UFC. En suelos con aplicaciones continuas de glifosato las especies fitopatógenas se encontraron en una proporción mayor respecto a las benéficas. Respecto a las cromatografías, los suelos tratados con glifosato presentaron menor actividad enzimática, menor integración mineral, y menor procesamiento de la materia orgánica.

Palabras clave: *agricultura orgánica, sustitución del glifosato, naranja, microbiología del suelo.*

Introducción

Para el año 2019, México ocupó el sexto lugar en producción de naranja a nivel mundial, con una superficie cosechada de 329 771 ha (SIAP, 2021). Asimismo la producción es sostenida bajo un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, utilizando sustancias químicas perjudiciales para la salud, entre las cuales se encuentra el herbicida glifosato (SIAP, 2021; FAOSTAT, 2019, citados por Gómez et al., 2021). Según Gómez y Gómez (2021), citando a Conacyt (2020), el 14% del uso de glifosato en México se destina a la producción de cítricos.

Para la búsqueda de alternativas al manejo convencional de la naranja, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) estableció en Papantla, Veracruz un Faro Agroecológico donde se emplean y desarrollan prácticas agroecológicas para el manejo de la naranja, como una alternativa al manejo convencional (Gómez et al., 2021) alcanzando rendimientos superiores a 37 ton/ha. Varias de estas prácticas implican la promoción, directa o indirecta, de la prosperidad de los microorganismos del suelo. Aunado al papel que desempeñan los microorganismos en el ciclo de nutrientes, a las relaciones simbióticas mutualistas que establecen con las plantas y también a su desempeño en la salud de suelos y consiguiente resiliencia de los cultivos, Moreira y Siquiera (2002) establecen que los parámetros biológicos con que se estudian son sensibles

a leves modificaciones que el suelo puede sufrir en presencia de algún agente degradante. En tal sentido, los microorganismos son potencialmente buenos indicadores de cambios en poblaciones de microorganismos del suelo en cortos períodos de tiempo, y fáciles de evaluar (Moreira y Siquiera, 2002; Sparling, 1992, citados por Quinchinguano-Hayo, 2013).

Según Bórtoli et al. (2012), numerosos estudios han encontrado diversos efectos del glifosato sobre la actividad de los microorganismos del suelo, entre los cuales destaca la disminución del crecimiento micelial de *Fusarium solani*, *Phythium spp.* y *Trichoderma viride* frente a concentraciones altas del herbicida y la colonización abundante de patógenos (*e. gr. Phythium spp.* y *Fusarium spp.*) en plantas anuales y perennes tratadas con glifosato.

Abonando a lo anterior, Lancaster et al. (2010) descubrieron que la población del patógeno *Burkholderia spp.* tiende a aumentar tras aplicaciones del herbicida. Asimismo, Hernández et al. (2018) registraron que la población del grupo Bacteroidetes aumentó de manera significativa en respuesta a la aplicación de herbicidas. A su vez, Lupwayi et al. (2008) descubrieron que, en los cultivos de canola resistente a glifosato, donde se hacen aplicaciones abundantes y regulares de este herbicida, se alteró la estructura funcional y se redujo la diversidad de las bacterias del suelo, sin embargo, también aumentó la biomasa microbiana. Los autores deducen que los cambios observados en las comunidades microbianas edáficas podrían afectar las redes alimentarias del suelo y los procesos biológicos (Lancaster et al., 2010; Hernández et al., 2018; Lupwayi et al., 2008).

Por otra parte, y retomando a Bórtoli et al. (2012), el impacto del glifosato sobre la actividad y biomasa microbianas podría estar relacionado con el tipo de suelos y con su historial de aplicaciones previas de glifosato. Destaca el hallazgo de Ratcliff et al. (2006), quienes encontraron que la aplicación de glifosato produce un aumento de la diversidad en suelos arcillosos-limosos, así como el de Araújo et al. (2003), quienes demostraron que los suelos con aplicaciones previas de glifosato muestran una fuerte respuesta en su actividad microbiana frente a una nueva aplicación del herbicida (Ratcliff et al., 2006; Araújo et al., 2003, citados por Bórtoli et al., 2012).

Con el uso de cromatografías de Pfeifer, Medina-Saavedra et al. (2018) encontraron una relación entre el manejo convencional y la degradación

de la salud del suelo, denunciando una baja actividad enzimática de la microbiología, producida por la erosión en el suelo desnudo, registrando tonalidades parduzcas y grises por el uso de fertilizantes y estiércoles, aislamiento de los minerales con la poca materia orgánica, así como características contrastantes de buena actividad microbiana en áreas con manejo agroecológico.

Con base en lo anterior, resulta relevante profundizar en el efecto que tiene el glifosato sobre las comunidades microbianas del suelo cultivado con naranja, considerando su relevancia a nivel nacional en cuanto a producción y superficie ocupada; asimismo, en el estudio del efecto que tienen sobre ellas las alternativas de manejo probadamente competitivas, como el manejo agroecológico.

La presente investigación tuvo por objetivo estudiar en campo la composición, proporción, actividad y diversidad de las comunidades microbianas en suelos con aplicación continua del herbicida glifosato, y compararlas con la de sistemas de manejo agroecológicos.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio sobre cinco parcelas para comparar la presencia, dinámica y proporción de microorganismos ligados a diferentes tipos de manejo; dos terrenos bajo manejo agroecológico y tres con manejo convencional y distinto historial de aplicación de glifosato.

Ubicación

El estudio fue realizado en San Pablo, del municipio de Papantla de Olarte en el estado de Veracruz. Su ubicación geográfica se describe por las coordenadas: 20° 27' 18.2" latitud N y 97° 12' 5.28" O, y se encuentra a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar. El clima de la región es cálido regular, con una temperatura media anual de 20.8 °C y abundantes lluvias en verano y principios de otoño, con una precipitación media anual de 1 186.8 mm (INEGI, 2015, citado por Reyes-Ortiz, 2017). El periodo en el cual se realizó

el estudio comprende enero y febrero del año 2022. Los terrenos analizados corresponden al tipo de suelo llamado “vega”, que se refiere a aquél que es de origen aluvial, acumulado por el río Tecolutla, así como deposiciones de los accidentes geográficos circundantes. Las huertas están cultivadas con naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), variedad Valencia tardía, en suelos franco-limosos. En estos espacios se cultivan árboles de entre 30 años y 10 años, mientras que pocos superan los 60 años de edad.

Manejo de las parcelas evaluadas

En la tabla 10.1 se describen las características de las parcelas de naranja evaluadas y su manejo.

Tabla 10.1. *Manejo de las parcelas evaluadas, 2022*

<i>Parcela</i>	<i>Leonor</i>	<i>Geño</i>	<i>Reyes</i>	<i>Aldo</i>	<i>Eduardo</i>
Tipo de manejo	Agroecológico	Agroecológico	Convencional	Convencional	Convencional
Tiempo con tal manejo	5 años	10 años	10 años	5 años	n/a
Prácticas asociadas	–Aplicación de microorganismos: Micorrizas, M. M. –Control de malezas: Chapotes, redondeo con azadón, siembra de leguminosas. –Control de enfermedades: Agua de vidrio –Podas –Adición de compostas y harinas de rocas.	–Aplicación de microorganismos: Micorrizas, M. M., Magro simple. –Control de malezas con paso de rastra, chapotes, redondeo con azadón. –Podas –Adición de compostas y harinas de rocas	–Paso de rastra regular (2-3 meses) –Uso de glifosato de forma regular (2-3 meses) –Poda	–Uso regular de glifosato (2-3 meses) –Poda –Siembra de maíz –Redondeo con azadón	–Aplicación de glifosato (4 meses) –Paso de rastra (cada 3 meses) –Poda –Redondeo con machete –Siembra de maíz

Fuente: elaboración propia.

Fase de campo

Para la toma de muestras el día 6 de enero del 2022, se realizaron transectos a través de cada parcela, se tomaron tres muestras al azar cerca de especímenes de árboles de naranja, midiendo a partir de ellos 4 m de distancia al

tronco y obteniendo submuestras de 0-20 cm de profundidad. Adicionalmente, a 2 m se tomaron submuestras de 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad. En total, de cada terreno se obtuvieron tres muestras, cada una con tres diferentes profundidades manejadas por separado en submuestras. Se realizó la extracción con palas, utilizando la metodología recomendada por Restrepo y Pinheiro (2011). Adicionalmente, se buscó un suelo saludable para comparar las cromatografías de Pfeiffer, luego de encontrarlo se obtuvieron 3 muestras de cada profundidad con el mismo procedimiento antes descrito, y se elaboraron muestras compuestas.

Análisis de laboratorio

Para el análisis en laboratorio, las submuestras se tamizaron con colador de plástico y se elaboraron dos muestras compuestas de 500 g de cada terreno, una para cada tipo de análisis. Se etiquetaron y enviaron en un contenedor aislante al Laboratorio de Fitopatología LADIFIT del Colegio de Postgraduados en Texcoco.

Para la identificación de bacterias y su correspondiente conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) se utilizaron los métodos de diagnóstico de bacterias fitopatógenas mediante técnicas moleculares y pruebas bioquímicas en productos y subproductos vegetales IT-BIM-01. Se identificaron por medio del Manual para identificación de bacterias fitopatógenas de Rodríguez (2012) y del *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria* (Shaad et al., 2001).

Para la identificación de hongos y el conteo de sus propágulos se utilizó el método de detección de hongos fitopatógenos mediante técnicas de aislamiento y claves taxonómicas en productos y subproductos vegetales IT-MIC-01, y de acuerdo a la "Illustrated genera of imperfect fungi" de Barnett y Hunter (1987), el "Compendium of soil fungi" de Domsch et al. (1980) y el libro *The fusarium laboratory manual*, de Leslie y Summerell (2006).

Análisis cuantitativo

Se analizó la presencia de géneros y especies patógenas y benéficas, así como su proporción. Para cuantificar, analizar y comparar la diversidad de microorganismos se utilizarán los índices de Simpson y de Shannon-Wiener, capturando los datos de especies y géneros identificados en cada terreno, comparando sus poblaciones entre terrenos y contrastando con bibliografía. Se realizó el análisis de estadística no paramétrica conocido como la prueba del signo para determinar diferencia.

Análisis cualitativo

Se realizaron cromatografías de Pfeiffer de acuerdo al procedimiento indicado por Restrepo y Pinheiro (2011), preparando una solución extractora de hidróxido de sodio, una sustancia reveladora a base de nitrato de plata y usando papel filtro redondo del número 4. Se interpretaron según lo indicado por estos autores, y comparando estudios similares.

Resultados y discusión

El tipo de manejo provocó diferencias significativas sobre la presencia y cantidad de especies de hongos identificados; existe una mayor cantidad de propágulos del hongo benéfico *Trichoderma sp.*, y hongos con potencial simbiótico como *Penicillium sp.* en el terreno con manejo agroecológico sin paso de rastra. Mientras que los hongos fitopatógenos fueron identificados en mayor proporción respecto a los benéficos en los terrenos con aplicación de glifosato, lo cual ha sido reportado también por Kremer et al. (2005) y Alegrini (2007). Kremer et al. (2005) menciona que el glifosato presente en los exudados de raíces puede ser utilizado por *Fusarium sp.* para obtener nutrientes, o que el herbicida favorece la germinación de sus propágulos. Los géneros con mayor prevalencia en terrenos con uso regular de glifosato coinciden con lo reportado por Chaves-Bedoya et al. (2013) y Carranza et al. (2014). Las proporciones también se asemejan a las reportadas por

Chaves-Bedoya *et al.* (2013) quienes identificaron mayor número de hongos fitopatógenos como *Fusarium sp.*, *Penicilium sp.* y una menor proporción de hongos antagónicos como *Trichoderma sp.* Los valores de índices de diversidad en hongos indican una diversidad media en las parcelas “Leonor” (manejo agroecológico), “Reyes” (Manejo convencional) y “Aldo” (manejo convencional), mientras que “Geño” (manejo agroecológico) y “Eduardo” (manejo convencional) presentan una diversidad baja (tabla 10.2).

Tabla 10.2. Índices de diversidad de hongos por parcela evaluada

Parcela	Especie	Población específica (propágulos / g suelo)	Índice de Simpson	índice de Shannon-Wiener
“Leonor” Agroecológico	<i>Fusarium solani</i>	30	0.72906778	2.16100994
	<i>Fusarium sp.</i>	10		
	<i>Trichoderma sp.</i>	100		
	<i>Penicillium sp.</i>	50		
	<i>Aspergillus niger</i>	10		
	<i>Mucor</i>	30		
“Reyes” Convencional	<i>Fusarium solani</i>	40	0.75062552	2.11807821
	<i>Cladosporium sp.</i>	10		
	<i>Penicillium sp.</i>	30		
	<i>Aspergillus niger</i>	10		
	<i>Mucor sp.</i>	20		
“Geño” Agroecológico	<i>Fusarium oxysporum</i>	10	0.57142857	1.37095059
	<i>Fusarium sp.</i>	10		
	<i>Aspergillus niger</i>	30		
	<i>Fusarium solani</i>	10		
	<i>Fusarium sp.</i>	10		
“Aldo” Convencional	<i>Trichoderma sp.</i>	30	0.79642058	2.3898981
	<i>Aspergillus niger</i>	40		
	<i>Mucor sp.</i>	20		
	<i>Penicillium sp.</i>	40		
	<i>Fusarium solani</i>	10		
“Eduardo” Convencional	<i>Trichoderma sp.</i>	70	0.42553191	1.0869877
	<i>Aspergillus niger</i>	15		

Fuente: elaboración propia.

Los terrenos bajo manejo orgánico presentaron mayor número de especies de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, así como mayor diversidad de especies. No existió variación significativa en las poblaciones debido al paso de rastra, sin embargo, las especies *Bacillus licheniformis* y *B. subtilis* no fueron identificadas en dos de los tres terrenos tratados con glifosato. La incipiente presencia del género *Bacillus* en los suelos manejados de forma convencional indica un posible desarrollo de resistencia, coincidiendo con Castañeda et al. (2019), quienes también reportaron que los organismos procariotas de suelos tratados con glifosato eran comparativamente menores que los de suelos no tratados, indicando un menor porcentaje de filo, clase, órdenes y familias en ellos, lo cual coincide con lo encontrado en este estudio (tabla 10.3).

Tabla 10.3. Índice de diversidad de bacterias por parcela de naranja evaluada

Parcela	Especie	Población (UFC/g suelo)	Índice de Simpson	Índice de Shannon-Wiener
"Leonor" Agroecológico	<i>Bacillus sp.</i>	12	0.75201613	1.94274081
	<i>Bacillus subtilis</i>	7		
	<i>Bacillus lichenifo</i>	7		
	<i>Pseudomonas f. L.</i>	6		
"Reyes" Convencional	<i>Bacillus sp.</i>	10	0.7635468	1.9652115
	<i>Bacillus subtilis</i>	6		
	<i>Bacillus lichenifo</i>	7		
	<i>Pseudomonas f. L.</i>	6		
"Geño" Agroecológico	<i>Bacillus sp.</i>	6	0.77470356	1.97264741
	<i>Bacillus subtilis</i>	7		
	<i>Bacillus lichenifo</i>	4		
	<i>Pseudomonas f. L.</i>	6		
"Aldo" Convencional	<i>Bacillus sp.</i>	6	0.54545455	0.99403021
	<i>Pseudomonas f. L.</i>	5		
"Eduardo" Convencional	<i>Bacillus sp.</i>	4	0.55555556	0.99107606
	<i>Pseudomonas f. L.</i>	5		

Fuente: elaboración propia.

Los terrenos con mayor población y diversidad de especies de bacterias benéficas fueron los manejados agroecológicamente según los índices de Simpson y Shannon-Wiener, mientras que la diversidad de hongos en

algunos casos fue superior en los terrenos con uso de glifosato, empero a las mayores proporciones de patógenos hallados en estos. El manejo con mayor proporción de microorganismos benéficos respecto a fitopatógenos fue el manejado agroecológicamente sin paso de rastra, también sembrado regularmente con leguminosas. Según los valores de los índices, los terrenos agroecológicos “Leonor”, “Geño” y el convencional “Reyes” presentan una diversidad media, mientras que el resto poseen una diversidad baja (tabla 10.3).

En las cromatografías, los suelos tratados con glifosato presentaron menor actividad enzimática, menor integración mineral y menor procesamiento de la materia orgánica por parte de los microorganismos, así como menos aireación, comparados con los terrenos manejados agroecológicamente, lo anterior es visible por la falta de integración entre zonas del cromatograma, la inexistencia de la zona central, y los dientes finos en la delgada zona enzimática, ello indica una actividad microbiana incipiente (Pinheiro y Restrepo, 2011). En los suelos sin aplicación de herbicida y con manejo agroecológico se detectó buena actividad enzimática, patrones de integración de la materia orgánica con los minerales y mayor cantidad de materia orgánica, lo que indica una buena actividad microbiológica (Pinheiro y Restrepo, 2011).

Conclusiones

1. Se estudiaron y compararon exitosamente las composiciones, proporciones, actividad y diversidad de las comunidades microbianas en suelos bajo distinto manejo, encontrando diferencias significativas entre las desarrolladas sobre sustratos con la aplicación de glifosato, y aquellas bajo manejo agroecológico.
2. En los terrenos bajo manejo agroecológico sin aplicación de glifosato se encontró la mayor diversidad de microorganismos, mayor número de microorganismos benéficos y mejor salud del suelo en base a las cromatografías, índices de diversidad y cantidad de propágulos y UFC.
3. El uso de glifosato incidió de forma significativa sobre las especies identificadas de hongos y bacterias de los terrenos; en suelos con

aplicaciones continuas de glifosato las especies fitopatógenas se encontraron en una proporción mayor respecto a las benéficas.

4. Los análisis cromatográficos indicaron que los suelos tratados con glifosato presentaron menor actividad enzimática, menor integración mineral y menor procesamiento de la materia orgánica por parte de los microorganismos, así como menos aireación, que los terrenos manejados agroecológicamente

Agradecimientos

Agradecemos especialmente al promotor y técnico agroecológico Albino Gaona San Martín, cuyo conocimiento, contactos y disposición fueron decisivos para la realización de este estudio.

Referencias

- Allegrini, M. (2017). *Análisis del impacto de glifosato sobre comunidades microbianas de suelos de la región pampeana mediante un enfoque fisiológico y molecular* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Rosario].
- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. (1987). *Illustrated genera of imperfect fungi*. McMillan.
- Bórtoli, P. V., Verdenelli, R. A., Corforto, C., Vargas Gil, S. y Meriles, J. M. (2012). Effects of glyphosate on microbial community structure and activity in two soils under olive plantations. *Ecología Austral*, 22(01), 33-42.
- Carranza, C. S., Bergesio, M. V., Barberis, C. L., Chiacchiera, S. M. y Magnoli, C. E. (2014). Survey of *Aspergillus* section *Flavi* presence in agricultural soils and effect of glyphosate on nontoxigenic *A. flavus* growth on soil-based medium. *Journal of Applied Microbiology*, 116(5), 1229-1240. <https://doi.org/10.1111/jam.12437>
- Castañeda Neuta, D. C., Contreras Garzón, A. M. y Aguilar López, I. D. (2019). *Evaluación del uso del glifosato sobre la microbiota del suelo, en la zona de amortiguación del parque nacional natural paramillo, en Córdoba, Colombia* [Tesis de grado, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca].
- Chaves-Bedoya, G., Ortiz-Moreno, M. L. y Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72
- Domsch, K. H., Gams, W. y Anderson, T. H. (1980). *Compendium of soil fungi* (vol. 1). Academic Press.
- Gómez, C. M. A., Gómez, T. L., Gómez, O. B. G. y Hernández, C. A. (2021). *La Universi-*

- dad Autónoma Chapingo y su faro agroecológico en naranja en el norte de Veracruz*. CIIDRI.
- Gómez, T. L. y Gómez, C. M. Á. (2022). Sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el norte de Veracruz, México. *Studies in Environmental and Animal Sciences*, 3(1), 103-117.
- Hernández, G. K., Aparicio, V., Gerónimo, E., Figueroa, L. V., Costa, J. L. y Erijman, E. (2018). Science of the total environment soil microbial communities and glyphosate decay in soils with different herbicide application history. *Science of the Total Environment*, 634(1), 974-982.
- Kremer, R. J., Means, N. E. y Kim, S. (2005). Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere micro-organisms. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 85, 1165-1174.
- Lancaster, S. H., Hollister, E. B., Senseman, S. A. y Gentry, T. J. (2010). Effects of repeated glyphosate applications on soil microbial community composition and the mineralization of glyphosate. *Pest Management Science*, 66(1), 59-64. <https://doi.org/10.1002/ps.1831>
- Leslie, J. F. y Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.
- Lupwayi, N. Z., Harker G. W., Clayton J. T., O'Donovan R. E., Blackshaw, C. (2009). Respuesta microbiana del suelo a herbicidas aplicados a canola resistente al glifosato. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 129(1-3), 171-176.
- Medina Saavedra, T., Arroyo Figueroa, G. y Peña Caballero, V. (2018). Cromatografía de Pfeiffer en el análisis de suelos de sistemas productivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 665-673. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1223>
- Quinchiguano Haro, A. B. (2013). *Impacto del glifosato sobre flora, fauna, propiedades químicas, físicas, mineralógicas y biológicas del suelo y residualidad en bosque secundario en Sucumbíos* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte].
- Restrepo, R. J. y Piñeiro, S. (2011). *Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo*. COAS.
- Reyes-Ortiz, P. A. (2017). *Producción de naranja (Citrus sinensis L. Osbeck) variedad valencia tardía bajo manejo orgánico en San Pablo, Papantla de Olarte, Veracruz* [Tesis de Ingeniería Agrónoma, Universidad Autónoma Chapingo].
- Rodríguez-M., M. L. (2012). *Manual para la identificación de bacterias fitopatógenas* (3ª ed.) Universidad Autónoma Chapingo.
- Schaad, N. W., Jones, J. y Chun, W. (2001). *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. American Society of Brewing Chemists.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). *Cierre de la producción agrícola 2019*.