

## 9. Manejo integral para la producción de maíz sustentable en el Alto Mezquital, Hidalgo



ROSINA CABRERA RUIZ\*

VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ-MENDOZA\*\*

JUAN PABLO PÉREZ-CAMARILLO\*\*\*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.360.09>

### Resumen

En el Alto Mezquital de Hidalgo, los productores que establecen el cultivo de maíz en condiciones de temporal y de riego se enfrentan a la presencia de importantes problemas fitosanitarios. Dentro de estos problemas destacan la incidencia de *Spodoptera frugiperda* y la pudrición de la mazorca causada, principalmente, por el hongo fitopatógeno *Fusarium* spp. Esto representa una amenaza para la producción porque reduce los rendimientos, el valor nutricional del grano y puede inducir el desarrollo de micotoxinas, que suponen un riesgo para la salud tanto animal como humana. Es importante destacar que los productores de la región utilizan plaguicidas para minimizar el daño causado por plagas y enfermedades en el cultivo de maíz. En este contexto, es imprescindible la búsqueda de estrategias sustentables para abordar los problemas productivos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la aplicación de un consorcio de bacterias benéficas nativas para el manejo de plagas en maíz, así como generar un plan de manejo integral

---

\* Doctora en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Investigadora por México SECIHTI adscrita a la Subsede Hidalgo del CIAD, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9653-9806> ; correspondencia: [rosina.cabrera@ciad.mx](mailto:rosina.cabrera@ciad.mx)

\*\* Doctor en Ciencias en Biotecnología de Plantas por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0082-9954>

\*\*\* Maestro en Ciencias con Especialidad en Edafología por el Colegio de Posgraduados, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6656-9035>

dirigido a la producción de subsistencia en el Alto Mezquital, Hidalgo, con el fin de impactar en la disminución progresiva del uso de plaguicidas tóxicos. La evaluación de las bacterias nativas fue realizada directamente en campo mediante el establecimiento de una parcela experimental en el Ejido La Florida, municipio de Cardonal. La estrategia evaluada permitió controlar el daño por *S. frugiperda* en la etapa temprana del cultivo de maíz en un 50% y mantener la pudrición de la mazorca en un 7%, mientras que el inóculo con bacterias nativas permitió incrementar la producción de grano un 19.5%. Los resultados permitieron diseñar un plan de manejo integral para el cultivo de maíz. El conocimiento transferido mediante el modelo de escuela de campo permite desarrollar capacidades y proporcionar acompañamiento técnico a los productores de subsistencia del Alto Mezquital.

**Palabras clave:** *agricultura, biocontrol, fitopatógenos.*

## Introducción

La agricultura intensiva, también conocida como convencional o industrial, está enfocada en la máxima producción y los máximos rendimientos de una especie en particular, localizada en un área de cultivo limitada (monocultivo). Este tipo de agricultura se caracteriza por el alto consumo de insumos agrícolas. Por ejemplo, los plaguicidas son utilizados de manera desmedida para el control de plagas y enfermedades con el objetivo de garantizar el manejo del cultivo. Las prácticas agrícolas intensivas surgieron durante la revolución verde, entre 1940 y 1970, como un modelo para incrementar la producción de alimentos a nivel mundial. Si bien las actividades agrícolas intensivas han permitido la producción de alimento, estas han provocado un desequilibrio en los sistemas de producción, evidenciando una disminución de la diversidad microbiana benéfica en el suelo (Lee et al., 2020). En contraste con las prácticas agrícolas intensivas, la agricultura climáticamente inteligente, la intensificación sustentable y la agroecología, han surgido como modelos de producción sustentables (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2011).

La milpa (del náhuatl *milpan*, *milli* “parcela sembrada” y *pan* “encima de”) es un ejemplo de producción sustentable que consiste en un sistema de policultivo, donde los maíces nativos crecen asociados a especies como el frijol, la calabaza, el tomate, el chile, árboles frutales y/o plantas silvestres, los cuales son cultivados con la mínima labranza del suelo; de esta manera, la milpa constituye un espacio dinámico de recursos genéticos (Aguirre-von-Wobeser et al., 2018; Cabrera et al., 2020). Los productores de subsistencia que practican el modelo de la milpa mantienen esta diversidad inter e intra-específica como estrategias para enfrentar los cambios ambientales y las necesidades económicas actuales. Las características de este ecosistema agrícola permiten que sea considerado una alternativa para el descubrimiento de nuevas cepas bacterianas con capacidad metabólicas, benéficas para el establecimiento de estrategias sustentables como el control biológico de fitopatógenos, lo cual es una alternativa viable para la disminución progresiva del uso de agrotóxicos que provocan la contaminación de los ecosistemas.

El Valle del Mezquital en Hidalgo se considera una región de alto potencial productivo, por lo que se le ha asignado el nombre de “El Granero del estado de Hidalgo”. En esta región se practica tanto la agricultura de riego como la de temporal. Particularmente, el Alto Mezquital representa la subregión del Valle del Mezquital en donde la agricultura de temporal predomina y se caracteriza por ser practicada por pequeños productores de subsistencia. Los productores que establecen el cultivo de maíz se enfrentan a la presencia de importantes problemas en su producción, como la incidencia de pudrición del maíz ocasionada por *Fusarium* (Pérez-Camarillo et al., 2018; Cabrera et al., 2020). El problema de pudrición puede ocurrir en diferentes etapas: (1) en la planta, cuando la raíz presenta algún daño físico; (2) cuando el tallo es perforado por un insecto barrenador (*Diatraea* spp.); (3) cuando el grano es dañado por el gusano del maíz (*Helicoverpa zea*) o por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y, (4) cuando la mazorca tiene problemas de cobertura. Para minimizar el daño de pudrición, los productores utilizan semillas tratadas con fungicidas. Además, estos plaguicidas se aplican durante el cultivo para controlar las plagas del suelo, mitigando así la pudrición de las raíces; por ejemplo, uno de ellos es el insecticida diclorodifeniltricloroetano (DDT), que ocasiona un impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente (Kabasenche et al., 2014).

En este contexto, actualmente existe la imperante necesidad de generar estrategias para el manejo sustentable del cultivo de maíz, por lo que es imprescindible buscar alternativas agrícolas que aborden los problemas productivos, de acuerdo con las condiciones socioculturales y económicas de cada región. En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar una estrategia basada en el uso de bacterias nativas de suelos de milpa para el manejo de plagas en maíz, así como generar un plan de manejo integral dirigido a la producción de subsistencia de maíz en el Alto Mezquital, Hidalgo, que impacte en la disminución progresiva del uso de plaguicidas tóxicos.

## Métodos

### Descripción del territorio

El Valle del Mezquital es la principal zona productiva de Hidalgo. En esta región se presentan problemas fitosanitarios, entre los que destaca la pudrición de la raíz, el tallo y la mazorca ocasionada por *Fusarium* spp. Además, se presenta la incidencia del gusano cogollero. El estudio se realizó en el municipio de Cardonal, dentro de la subregión Alto Mezquital en el Valle del Mezquital, que se caracteriza por una agricultura de subsistencia y temporal.

### Cepas bacterianas

Para la conformación del consorcio microbiano se seleccionaron bacterias nativas de los suelos destinados al cultivo de maíz de la región, las cuales presentan la capacidad de antagonizar al hongo fitopatógeno *Fusarium* (Palafox-Félix, 2019). Para esto, la selección se realizó a partir de una colección microbiana obtenida, previamente, de suelos destinados al cultivo de milpa del Alto Mezquital, la cual se encuentra depositada en el Cepario de Aislados Ambientales del CIAD-Hidalgo (Palafox-Félix, 2019). De acuerdo con las condiciones de crecimiento, las bacterias fueron producidas en cultivo líquido, utilizando un medio nutritivo de pH 7.0 a  $25 \pm 2$  °C y 180 r.p.m.

## Evaluación en campo

Se realizaron evaluaciones en campo para determinar la capacidad de control de fitopatógenos por parte del consorcio bacteriano. La selección de los tratamientos a evaluar se realizó a partir de resultados de ensayos realizados a nivel de laboratorio, donde *Bacillus pumilus* BX3 y *B. pumilus* BX3 + *Acinetobacter* spp. BX4, mostraron resultados positivos para el desarrollo de las plantas de maíz (datos no publicados). Para esto, se contempló como unidad experimental una parcela localizada en el Ejido La Florida, municipio de Cardonal, en el Alto Mezquital. Los tratamientos utilizados para la evaluación en campo fueron: tratamiento 1: cepa Bx3 (*Bacillus pumilus*) y tratamiento 2: cepa Bx3 (*Bacillus pumilus*) + cepa Bx4 (*Acinetobacter* spp.). La inoculación de las bacterias se realizó mediante aspersión en la base de la planta de maíz y sobre el follaje ( $10^5$  Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/mL). Antes de la aplicación de los tratamientos, se inoculó una suspensión de esporas de  $10^5$  UFC/mL de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en el cogollo de la planta de maíz para contrarrestar el daño ocasionado por el gusano cogollero. En el diseño experimental se estableció un cultivo control que correspondió a plantas sin inóculo bacteriano. Al finalizar la etapa de cultivo (cosecha), se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la aparición de síntomas de la enfermedad y el rendimiento de la producción.

Para determinar el rendimiento del grano de maíz ajustado al 14% de humedad en la parcela se consideraron al azar tres sitios de muestreo o repeticiones. Cada sitio consistió en un segmento de surco de 10 m de largo y se tomaron al azar cinco mazorcas, sobre las cuales se realizó la determinación mediante la siguiente ecuación 1 (Pérez-Camarillo et al., 2021):

$$R = (X) (T)(FC14)(FDG) \left( \frac{100}{D} \right)$$

Donde: X = peso promedio de cinco mazorcas (kg), T = número de total de mazorcas en el tramo de 10 metros, PHG = porcentaje de humedad del grano al momento del muestreo, FC14 = factor de conversión para estandarizar el rendimiento al 14% de humedad,  $FC14 = (100 - PHG)/86$ , P5Mz = peso de las cinco mazorcas (Grano + olote), PG5Mz = peso del

grano sin olote de las cinco mazorcas,  $FDG = \text{factor de desgranado o relación grano - olote}$ ,  $FDG = PG5Mz/P5Mz$ ,  $D = \text{ancho de surco (m)}$ ,  $1000/D = \text{factor de conversión a kg/ha}$ ,  $R = \text{rendimiento de grano (kg/ha) estandarizado al 14\% de humedad}$ .

## **Mecanismo de transferencia del conocimiento**

Mediante un diagnóstico participativo con sesiones comunitarias y entrevistas realizadas directamente a los productores se identificaron las características productivas del área de estudio (FAO, s.f.). Se generó una estrategia para el manejo integral del cultivo de maíz en el Alto Mezquital, que podrá adaptarse a otras comunidades dentro de la región. La transferencia del conocimiento generado se realizó mediante el modelo de escuela de campo (ECA) para desarrollar capacidades y proporcionar un acompañamiento técnico a los productores (FAO, 2011).

## **Resultados**

### **Diálogo de saberes con los productores**

Las actividades con los productores de maíz se iniciaron con reuniones informativas con los representantes de grupos. El diagnóstico rápido participativo generó información sobre las características de la producción agrícola del área de estudio. En el municipio de Cardonal, la población casi en su totalidad es indígena ptomí, hablantes de la lengua hñähñu. La región tiene condiciones de vida que han sido históricamente de alta marginación y de rezago social medio, sobre todo, por la particular geografía que dificulta la productividad agrícola (suelos calcáreos con pH alcalino).

En la región de estudio se practica una agricultura de temporal, donde el cultivo de maíz, bajo el sistema de milpa, es una de las principales actividades productivas (Figura 9.1). La precipitación pluvial, que es escasa, es el elemento determinante que marca el inicio del ciclo agrícola. Esta región cuenta con 4,925 a 7,461 unidades de producción con una superficie prome-

dio de 3.9 ha por productor. Se practica la agricultura de subsistencia para el consumo familiar y la alimentación para el ganado, se comercializa maguey y sus derivados como pulque, penca, fibra, aguamiel. Sin embargo, los ingresos que se perciben son bajos, lo que limita la adopción de innovaciones en sus parcelas.

*Figura 9.1. Parcela productiva característica del Alto Mezquital, Hidalgo, que corresponde a un sistema simplificado de la milpa. El cultivo de maíz nativo puede encontrarse asociado al frijol, haba y maguey, entre otros*

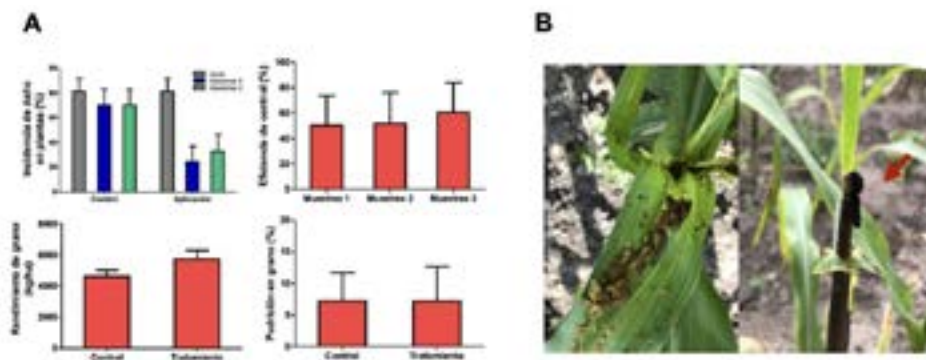


Fuente: fotografía inédita tomada por Rosina Cabrera.

## Evaluación de las bacterias benéficas en campo

De acuerdo con el diagnóstico realizado directamente en la parcela, en la primera etapa del cultivo las plantas presentaron daños considerables por el gusano cogollero. Por lo que se realizó una primera aplicación de *Bacillus thuringiensis* (Bt), utilizando una suspensión de esporas aplicada directamente en el cogollo de la planta. Posteriormente (un mes después de la aplicación de Bt), se realizaron las siguientes aplicaciones de los tratamientos con las cepas BX3 y BX4. En la Figura 9.2 se presentan los resultados obtenidos.

Figura 9.2. Impacto de la aplicación de bacterias benéficas nativas del suelo de milpa en el cultivo de maíz. A: Descripción de la incidencia de daño ocasionado por el gusano cogollero, la eficiencia de control, el rendimiento de grano y la incidencia de pudrición de grano. B: Plantas de cultivo con presencia de daño por el gusano cogollero (panel izquierdo) y cadáver de gusano localizado en el cultivo después de la aplicación (panel derecho)



Fotografía tomada por Rosina Cabrera.

Fuente: elaboración propia.

La incidencia de daño en el cultivo ocasionado por el gusano cogollero antes de la aplicación fue de 81%. En la planta de maíz, el gusano cogollero se alimenta del follaje y, como larva, penetra el cogollo de la planta, por lo tanto, la alta incidencia encontrada representa un alto riesgo de pérdida del cultivo desde etapas fenológicas tempranas del maíz. A los 20 días posteriores a la aplicación de Bt, el daño en las plantas tratadas disminuyó 24.4%, mientras que en las plantas control la incidencia fue de 40%. Si se comparan

las plantas tratadas con las no tratadas, estos datos representan una eficiencia de control promedio de 16.9%.

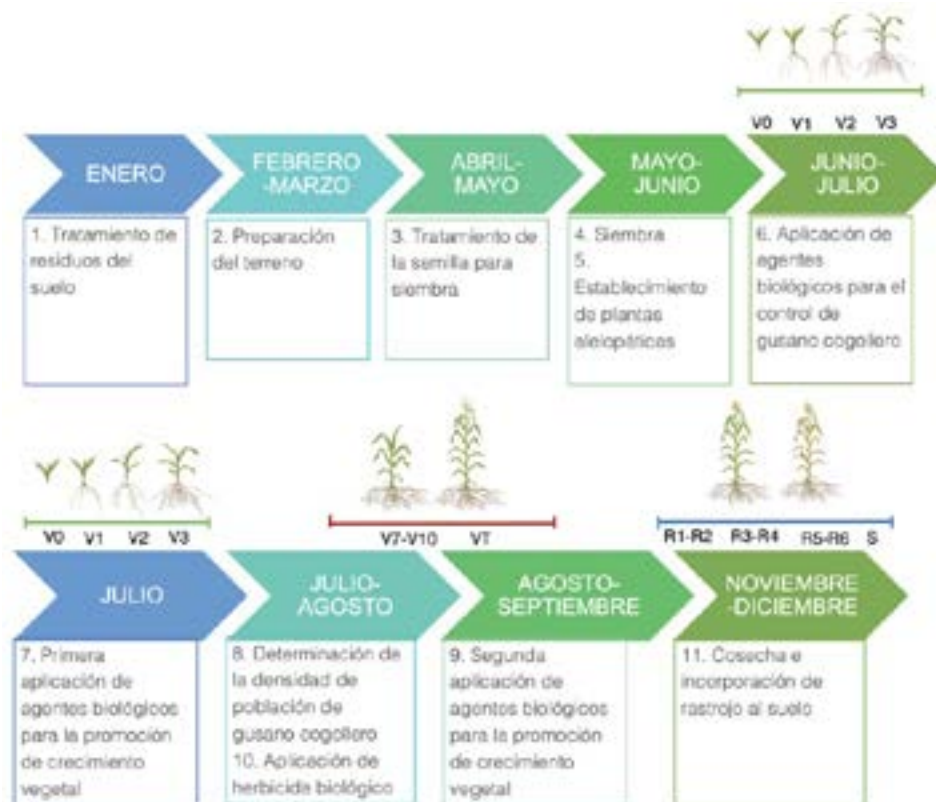
Mientras que la eficiencia de control del tratamiento con respecto al daño observado antes de la aplicación corresponde a un 50.5%. Transcurrido el periodo de un mes después de la aplicación de los tratamientos con las cepas BX3 y BX4, se realizó una segunda evaluación en campo.

Los resultados mostraron que las plantas inoculadas presentaron un porcentaje de daño por *Fusarium* de 35 y 32.5% (plantas cloróticas), respectivamente. En el cultivo control el daño fue de 70% (plantas cloróticas). La eficiencia de la aplicación fue de 46.5 y 50.6% para los tratamientos 1 y 2, respectivamente. Estos resultados indican una recuperación de aproximadamente 50% del cultivo dañado. A la finalización de la evaluación de la estrategia de control biológico, el rendimiento de grano obtenido fue de  $5\,742 \pm 554$  kg/ha en el cultivo con tratamiento y de  $4\,620 \pm 397$  kg/ha en el cultivo control, lo cual representa un incremento del 19.5% en la producción. La pudrición de la mazorca también fue evaluada en la etapa de finalización, encontrando que tanto las plantas control como las plantas inoculadas presentaron 7% de daño en la mazorca.

### **Plan de manejo integral para el cultivo de maíz**

En el plan de manejo integral se consideraron las prácticas agrícolas de los productores en conjunto con la estrategia de control biológico y otras prácticas agroecológicas (Figura 3). Este plan deberá ser evaluado en los siguientes ciclos de cultivo agrícola para la apropiación del conocimiento por parte de los productores.

Figura 9.3. Plan de manejo integral para el cultivo de maíz en el Alto Mezquital, Hidalgo



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen las etapas a considerar durante el ciclo de cultivo.

### ***Tratamiento de residuos y preparación del terreno***

*Fusarium* se desarrolla saprófitamente sobre el rastrojo que permanece en el suelo después de la cosecha, donde produce macroconidios que son diseminados por aspersión en episodios de lluvia. Cuando existen temperaturas cálidas y alta humedad, el hongo forma peritecios con ascosporas en su interior que son diseminadas por el aire. Las macroconidias y las ascosporas se depositan sobre las espigas florecientes e ingresan a la planta a través de

las aberturas naturales, como las estomas, donde germinan e inician el proceso de infección. Para evitar este proceso de infección, se propone realizar un tratamiento inicial de los suelos con la cepa Bx3 y Bx4 ( $10^5$  UFC/mL). Para la preparación del terreno se realizarán las prácticas comunes de los productores (roturación o barbecho, rastreo, aplicación de composta, surcado y labores culturales).

### ***Siembra***

La siembra del cultivo será realizada con las prácticas agrícolas desarrolladas de forma tradicional por los productores.

### ***Establecimiento de plantas alelopáticas***

Se incorporarán plantas alelopáticas alrededor de la parcela, tales como orégano (*Origanum vulgare*), ruda (*Ruda graveolens*) y/o ebo común (*Vicia sativa*).

### ***Aplicación de agentes biológicos para el control del gusano cogollero***

Se realizará una aplicación con esporas de Bt ( $10^7$  UFC/mL) mediante aspersión directamente en el cogollo de la planta en los estados fenológicos V1-V3. Como refuerzo, se realizará una segunda aplicación sobre la base de la planta de maíz en la etapa fenológica VT.

### ***Aplicación de bacterias para el control biológico contra Fusarium***

Se realizará una primera aplicación con *B. pumilus* Bx3 y *Acinetobacter* Bx4 ( $10^5$  UFC/mL de cada una) sobre la base de la planta de maíz en la etapa fenológica V3.

### ***Determinación de la densidad de población del gusano cogollero***

Para determinar la densidad de población del gusano cogollero se instalarán trampas de feromonas en las parcelas. En función de la densidad de pobla-

ción de insectos, se decidió la aplicación de una segunda dosis de Bt, o de algún agente químico de bajo impacto, sólo en el caso de ser necesario.

### ***Incorporación de rastrojo de cosecha al suelo***

Como parte de las prácticas agroecológicas, se propone la reincorporación al suelo de los residuos de la cosecha. Esta práctica permitirá contribuir al mantenimiento de la humedad del suelo y limitar el crecimiento de plantas arvenses.

### ***Estrategia de acompañamiento técnico***

La transferencia del conocimiento se realizó mediante el modelo de ECA en parcelas demostrativas. Durante la instalación de las ECA se les brindó a los productores participantes: (1) capacitación sobre el plan de manejo integral del cultivo de maíz; (2) aplicaciones de consorcios microbianos para el manejo y control de plagas y enfermedades; (3) incorporación de especies vegetales nativas para el control de arvenses; (4) aplicación de prácticas agroecológicas para el manejo del cultivo y la recuperación de suelos agrícolas. Además, se llevaron a cabo dos talleres para productores de maíz de la región. Los talleres permitieron un intercambio de saberes entre los participantes sobre los efectos que conlleva el uso de plaguicidas en la salud humana y la contaminación del medio ambiente.

Asimismo, se comunicaron las alternativas más sustentables, basadas en el control biológico mediante el uso de microorganismos benéficos nativos del suelo para la sustitución gradual de plaguicidas en la región (Figura 9.4; CIAD, 14 de julio de 2023).

## **Discusión**

La inoculación de plantas de maíz con cepas bacterianas nativas de suelos de milpa del Alto Mezquital, Hidalgo, permitió incrementar la producción de grano un 19.5%. Asimismo, la incidencia de pudrición en la mazorca se mantuvo a la finalización del ciclo de cultivo en 7%. La estrategia evaluada

Figura 9.4. Diálogo de saberes y acompañamiento técnico con los productores de maíz de subsistencia del Alto Mezquital para la adopción del plan de manejo integral del cultivo de maíz mediante el modelo de ECA en parcelas demostrativas



Fuente: fotografías inéditas tomadas por Rosina Cabrera.

en el presente estudio permitió controlar el daño por gusano cogollero en la etapa temprana del cultivo de maíz un 50%. De acuerdo con información expresada por los productores de la región, históricamente la incidencia de plagas en el cultivo ha cambiado, destacando el gusano cogollero y la diabrotica. En el ciclo evaluado, se detectó la presencia de *S. frugiperda* en estos estados del cultivo. Este insecto se alimenta del follaje del maíz y, como larva, penetra el cogollo de las plantas, y es posible detectar su presencia al observar hojas perforadas. Las heridas ocasionadas en la planta son un medio para la proliferación de esporas de hongos fitopatógenos, tales como *Fusarium*, ocasionando la pudrición del grano (Ekenwosu et al., 2021; Harte et al., 2024). Por lo tanto, la disminución de la incidencia de daño ocasionado por el gusano cogollero en la etapa temprana del cultivo sugiere que

la aplicación de Bt contribuyó a disminuir los problemas de pudrición en la mazorca. Asimismo, la aplicación de las bacterias nativas de suelos (*B. pumilus* BX3 y *Acinetobacter* spp. BX4) también contribuyó a prevenir el problema de pudrición, así como al manejo del cultivo, donde se observó una recuperación de las plantas de maíz en la etapa de finalización e, incluso, un incremento de la producción. La generación de conocimiento permitió diseñar una estrategia sustentable basada en el control biológico, que podrá impactar en la disminución progresiva de la aplicación de plaguicidas en la región.

Cabe destacar que la agroecología es un concepto amplio que va más allá de los agroecosistemas por sí mismos. De acuerdo con la FAO, esta se basa en procesos territoriales para dar soluciones contextualizadas a los problemas locales y en las que es fundamental el intercambio de conocimientos entre los investigadores-técnicos y los productores. El trabajo realizado con los pequeños productores de subsistencia del Alto Mezquital se encuentra enmarcado en este esquema agroecológico para la producción.

## Conclusiones

La generación de conocimiento permitió desarrollar una estrategia sustentable basada en el control biológico que podrá impactar en la disminución progresiva de plaguicidas en el cultivo de maíz. La transferencia del conocimiento mediante el modelo de ECA está permitiendo desarrollar capacidades y proporcionar un acompañamiento técnico a los productores. Este modelo se plantea como un mecanismo para la adaptación y apropiación del plan de manejo integral del cultivo de maíz por parte de los productores del Alto Mezquital, Hidalgo. Asimismo, permite concientizar a los productores acerca de la importancia de la adopción de estrategias sustentables y agroecológicas, alternas al control químico, tales como el control biológico, que se adapte a las condiciones de la región, a las necesidades de los productores y al cultivo. Uno de los aspectos fundamentales de la vinculación entre productores e investigadores es articular el conocimiento científico con el conocimiento empírico, generando un diálogo de saberes para la definición de las brechas tecnológicas y productivas del cultivo del maíz en la región.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) el apoyo financiero otorgado a través del proyecto 316145.

## Referencias

- Aguirre-Von-Wobeser, E., Rocha-Estrada, J., Shapiro, L. R., y M. de la Torre. (2018). Enrichment of Verrucomicrobia, Actinobacteria and Burkholderiales drives selection of bacterial community from soil by maize roots in a traditional milpa agroecosystem, PLoS ONE. 13(12), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208852>.
- Cabrera, R., García-López, H., Aguirre-von-Wobeser, E., Orozco-Avitia, J. A., y A. H. Gutiérrez-Saldaña. (2020). Amycolatopsis BX17: An actinobacterial strain isolated from soil of a traditional milpa agroecosystem with potential biocontrol against Fusarium graminearum. Biological Control, (147). <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104285>.
- CIAD. (14 de julio de 2023). Alternativas para la sustitución de plaguicidas y glifosato en el Alto Mezquital. [Descripción audiovisual]. Facebook. <https://www.facebook.com/ciad.CONAHCYT/videos/203693645969911>
- Ekenwosu J. U., Okorie P. U., y C. Ikpeama. (2021). A review of biopesticide products as ecological alternative against fall armyworm (Spodoptera frugiperda) in Africa. Open Journal of Bioscience Research, 2, 2, <https://doi.org/10.52417/ojbr.v2i2.220>.
- Harte, S. J., Bray, D. P., Nash-Woolley, V. Stevenson, P. C., y G. M. Fernández-Grandon. (2024). Antagonistic and additive effect when combining biopesticides against the fall armyworm, Spodoptera frugiperda. Scientific Reports, 14, 6029 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56599-w>.
- Kabasenche, W. P., y M. K., Skinner. (2014). DDT, epigenetic harm, and transgenerational environmental justice. Environmental Health, 13, 62. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-62>.
- Lee, S. A., Kim, J. M., Kim, Y., Joa, J-H, Kang, S-S., Ahn, J-H, Kim, M, Song, J., y H-Y Weon. (2020). Different types of agricultural land use drive distinct soil bacterial communities. Scientific Reports, 10, 17418 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74193-8>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (s.f.). El Diagnóstico Participativo. <https://www.fao.org/4/x9996s/x9996s02.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2011). A policy-maker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. <https://www.fao.org/3/i2215e/i2215e00.pdf>.
- Palafox-Félix, S. (2019). Caracterización de bacterias del género Bacillus aisladas de

suelos de milpa del Alto Mezquital, Hidalgo, con capacidad antagónica contra *Fusarium* [Tesis de licenciatura, Universidad de Sonora]. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/2111>

Pérez-Camarillo, J. P. (2001). Metodología para la evaluación de cosecha de maíz en parcelas comerciales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Pérez-Camarillo, J. P., Rivas-Valencia, P., Martínez-Ruiz, E., Cano-Salgado, A., y K. Olvera-Olvera. (2018). Identificación y distribución espacial de *Fusarium* spp. en maíz del Valle de Mezquital, Hidalgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.